



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“Auditoría del sistema eléctrico para disminuir el consumo de
energía en la planta de elaboración de productos lácteos,
Chotalac SRL - Chiclayo”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Sánchez Mendo, Cesar Julio (ORCID: 0000-0002-5690-5816)

ASESOR:

Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedicado con toda mi alma para mis padres de todo corazón, su ejemplo ha hecho de mí una persona de mucho bien y han sido mi apoyo, esa fuerza que me han llevado a culminar con éxito mis estudios, esta etapa muy importante de mi vida Profesional.

También quiero dedicarle a mi hija, que con su comprensión, apoyo constante y dulzura ha conquistado mi corazón y siempre pidiéndole a Dios nos conceda la oportunidad de seguir compartiendo momentos felices y de éxitos juntos en nuestras vidas.

El Autor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios en primer lugar por darme la vida, fortaleza y fuerza y seguir superándome en mi vida profesional adquiriendo nuevos conocimientos para aplicarlos en favor del desarrollo de nuestro distrito, nuestra región, nuestra sociedad y de nuestro País.

Por último, agradecemos a toda la plana docente de nuestra prestigiosa Universidad que a lo largo de nuestra formación Profesional nos han transmitidos sus conocimientos y experiencias para ser de nosotros unos profesionales competitivos y de excelencia.

El Autor.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
Índice de Figuras.....	vi
Índice de Tablas.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática.	1
1.2 Trabajos Previos.....	8
1.3 Teorías relacionadas al Tema.	10
1.4 Formulación del Problema.....	19
1.5. Justificación del Estudio.	19
1.6 Hipótesis.....	20
1.7 Objetivos.	21
II. METODOLOGÍA.	22
2.1. Diseño de Investigación.	22
2.2. Definición Operacional.	22
2.3 Población y muestra:.....	24
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos: valides y confiabilidad: 24	
2.5 Métodos de análisis de datos:	25
2.6 Aspectos éticos:	25
III. RESULTADOS.....	26
3.1. Diagnosticar el estado actual del consumo de energía eléctrica en función a la cantidad de queso que se procesa en la empresa.	26

3.2 Realizar un análisis comparativo entre los parámetros de funcionamiento nominal y real de los motores eléctricos de los mecanismos de los procesos, realizando mediciones eléctricas.....	36
3.3 Proponer acciones a implementar en la Planta, a fin de reducir el consumo de energía eléctrica.....	48
3.4. Realizar un análisis económico del proyecto, utilizando indicadores tales como VAN, relación Beneficio Costo, y Tasa Interna de Retorno.	62
IV. DISCUSIÓN	65
V. CONCLUSIONES	66
VI. RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS.....	68
ANEXOS	69

Índice de Figuras

Figura 1. Consumo eléctrico por la industria.	2
Figura 2. Crecimiento de la demanda de energía en América latina.	2
Figura 3. Demanda energética por el sector privado económicamente en el año 2016.	3
Figura 4. El crecimiento de la elaboración de queso en el país, 2007-2016.	4
Figura 5. Evolución del consumo de energía eléctrica.	7
Figura 6. Facturación de energía eléctrica e historial del consumo.	7
Figura 7. Manifestación del consumo en horas punta y en horas normales.	8
Figura 8. Auditoria energética.	10
Figura 9. Proceso de elaboración de queso.	12
Figura 10. Ciclo de carnot.	14
Figura 11. Forma de la onda eléctrica.	16
Figura 12. Fuente de potencias.	16
Figura 13. Diagramas fasorial y vectorial de energía reactiva.	17
Figura 14. Diagrama fasorial y vectorial de energía por carga inductiva.	17
Figura 15. Circuito de una carga resistiva e inductiva.	18
Figura 16. Circuito de una carga mixta.	18
Figura 17. Flujo de potencia real y reactiva.	19
Figura 18. Evolución de la producción en kg por tipo de queso periodo marzo 2018 - marzo 2019.	27
Figura 19. Evolución de la producción en kg total de queso periodo marzo 2018- marzo 2019.	28
Figura 20. Evolución del consumo de energía activa total (KW-H).	30
Figura 21. Evolución del consumo de energía activa hora punta.	30
Figura 22. Evolución del consumo de energía activa hora fuera de punta (KW-H).	31
Figura 23. Evolución del consumo de energía reactiva (KVAR-H).	31
Figura 24. Potencia hora punta KM.	32
Figura 25. Potencia fuera hora punta KW.	32
Figura 26. Costo de la energía activa hora punta (S/.).	33
Figura 27. Costo de la energía reactiva (S/.).	33
Figura 28. Evolución del índice de consumo eléctrico.	35
Figura 29. Potencia de motores eléctricos en elaboración de queso.	38
Figura 30. % de la potencia instalada en la planta de elaboración de queso. ...	41
Figura 31. Comparación de la corriente nominal y medida en las cargas de mayor consumo.	44
Figura 32. Comparación de la corriente nominal y medida en las cargas de consumo medio.	44
Figura 33. Comparación de la corriente nominal en las cargas de menor consumo.	45
Figura 34. % de motores eléctricos en rango de indicador entre corriente medida y corriente nominal.	47
Figura 35. Valor de la potencia reactiva.	58

Índice de Tablas

Tabla 1. Producción de queso y mantequilla.	4
Tabla 2. Consumo de energía y facturación eléctrica.	6
Tabla 3. Registro de volúmenes de producción.	27
Tabla 4. Historia de consumo de energía eléctrica, periodo abril 2018- marzo 2019.	29
Tabla 5. Índice de consumo eléctrico (KW-H/KG).	35
Tabla 6. Cargas eléctricas en iluminación de la planta.	36
Tabla 7. Motores eléctricos y sus ponencias.	37
Tabla 8. Cargas eléctricas en área de conservación de queso.	39
Tabla 9. Equipos de oficinas según su potencia.	39
Tabla 10. Potencia instalada en planta de elaboración de queso.	40
Tabla 11. Motores eléctricos y sus cargas de consumo.	42
Tabla 12. Cargas eléctricas.	43
Tabla 13. Relación Intensidad a plena carga medida / Intensidad Nominal en %.	46
Tabla 14. % de motores eléctricos en rango de indicador entre corriente medida y corriente nominal.	47
Tabla 15. Calculo de caída de tensión en conductores eléctricos.	50
Tabla 16. Conductor eléctrico con caída de tensión superior al 2%.	51
Tabla 17. Potencia que se pierde.	53
Tabla 18. Caída de tensión con propuesta de modificación de conductor eléctrico.	54
Tabla 19. Capacidad de corriente.	55
Tabla 20. Motores eléctricos a reemplazar.	56
Tabla 21. Incrementa de eficiencia.	57
Tabla 22. Determinación del valor de la potencia reactiva compensadora por cada carga eléctrica.	60
Tabla 23. Calculo de la capacitancia.	61
Tabla 24. Inversión inicial.	62
Tabla 25. flujo economico.	63

RESUMEN

El trabajo de tesis denominado “AUDITORIA DEL SISTEMA ELECTRICO PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA PLANTA DE ELABORACION DE PRODUCTOS LACTEOS, CHOTALAC SRL – CHICLAYO”, tiene como objeto de estudio, el análisis de los parámetros de funcionamiento de los dispositivos eléctricos que accionan los mecanismos de los procesos de elaboración de productos lácteos, específicamente de queso, a fin de realizar modificaciones si los valores están lejos de lo nominal, para que el consumo de energía eléctrica sea el adecuado.

En principio se hizo un análisis de los registros del consumo de energía eléctrica y de producción de queso en cada mes y se determinó que el menor valor de consumo de energía eléctrica por 1 Kg de Queso es de 5.75 KW-H, se dio en el mes de diciembre del 2018, sin embargo, en el mes de marzo del 2019, el consumo fue de 13.91 KW-H; se observa una diferencia muy notable, por lo cual no sólo es un problema técnico, sino también de optimización de los procesos de elaboración de queso.

La potencia instalada de la planta es de 97.56 KW, siendo la máxima demanda registrada de 69.30 KW, siendo las áreas de elaboración y conservación de queso, es en donde se tiene la mayor potencia instalada, los cuales representan el 58.94% y 31.78% respectivamente; totalizando el 90.71% de la potencia instalada total, por lo cual, son las áreas en donde se realiza la auditoría energética.

Entre las propuestas que se plantearon en función al análisis realizado, en cuanto a las caídas de tensión en los conductores eléctricos que alimentan a los diferentes motores eléctricos de la planta, determinándose que 9 motores eléctricos poseen conductores en el cual la caída de tensión supera los 2.00 voltios. La potencia activa de éstos 9 motores eléctricos es de 54.4 Kw de los 88.5 Kw del total de la planta.

Palabras Claves: Consumo de energía eléctrica, auditoría energética, elaboración de producto lácteo.

ABSTRACT

The thesis work entitled "AUDIT OF THE ELECTRICAL SYSTEM TO REDUCE THE ENERGY CONSUMPTION IN THE PLANT DE ELABORACION DE PRODUCTOS LACTEOS, CHOTALAC SRL - CHICLAYO", has as object of study, the analysis of the operating parameters of the electrical devices that trigger the mechanisms of the processes of elaboration of dairy products, specifically cheese, in order to make modifications if the values are far from the nominal, so that the consumption of electric power is adequate.

In principle, an analysis was made of the records of electric energy consumption and cheese production in each month and it was determined that the lowest value of electric energy consumption per 1 Kg of Cheese is 5.75 KW-H, occurred in the December of 2018, however, in the month of March 2019, consumption was 13.91 KW-H; a very noticeable difference is observed, which is why it is not only a technical problem, but also one of optimization of cheese making processes.

The installed power of the plant is 97.56 KW, with the highest registered demand of 69.30 KW, being the cheese processing and preservation areas, where it has the highest installed power, which represent 58.94% and 31.78% respectively; totaling 90.71% of the total installed power, therefore, are the areas where the energy audit is carried out. Among the proposals that were raised based on the analysis performed, regarding the voltage drops in the electrical conductors that feed the different electric motors of the plant, determining that 9 electric motors have conductors in which the voltage drop exceeds the 2.00 volts. The active power of these 9 electric motors is 54.4 Kw of the 88.5 Kw of the total of the plant.

Keywords: Consumption of electrical energy, energy audit, elaboration of dairy product.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Realidad Problemática.

Internacional.

“con la electricidad como energía, representa actualmente un elemento imprescindible en los procesos de transformación de materia prima, por lo tanto, el uso adecuado de éste, tiene relevancia en el éxito del sector industrial” (Salazar, 2016, p.4)

Los costos operativos que se requiere para dar una transformación en dicha materia estudiada, en los costos del producto transformado, siendo la energía eléctrica, el que tiene relación directa en cuanto a los niveles de producción, sin embargo, en muchas empresas la relación entre consumo de energía eléctrica y cantidad final de producto terminando, no tienen relación, siendo muchos los motivos. La eficiencia de los dispositivos que accionan las máquinas de los procesos, es una de las variables que los Ingenieros de Planta, le dan suma importancia.

La energía que se requiere en la conservación de los productos lácteos es un costo de producción significativo; en Uruguay que es uno de los primeros productores lácteos en América Latina, los costos de energía representan el 15% del costo total. (Risatti, 2017, p.2).

La conservación de los derivados de la leche en Colombia, tiene muchos inconvenientes, siendo una de sus deficiencias, las conservaciones de este producto a temperaturas no apropiadas. Si bien es cierto la pausterización es el proceso que previene la salud de las personas al ingerir éstos productos, éste no se realiza dentro de lo especificado, es decir al cambio de temperaturas para la destrucción de ciertos microorganismos. Para éstos procesos se requiere del uso de la energía eléctrica para accionar los sistemas de procesamiento de leche y derivados; sin embargo, el primer paso a desarrollar con dicha energía en las muchas zonas rurales aún no se da, a pesar de existir un plan nacional para electrificar el sector rural de Colombia. (Arboleda, 2017, p.7).

“En México, el consumo de energía eléctrica para la industria, que viene teniendo un alza muy considerable en la década últimos, desde un valor de 117-2 Tera vatios hora hasta un valor de 232.9 Tera vatios hora, siendo los factores

el incremento de la producción, así como también la baja eficiencia de los equipos” (Secretaría de Energía, México, 2017, 2017, p.4).

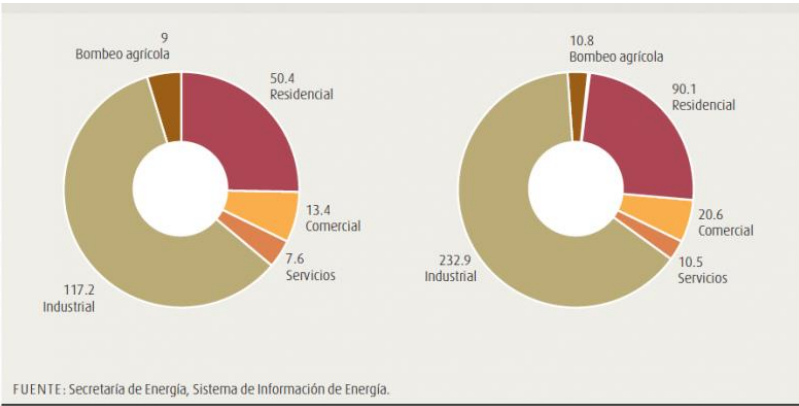


Figura 1. Consumo eléctrico por la industria.

“En América Latina, el crecimiento de todos los sectores, implica que la máxima demanda de energía eléctrica se incremente, una masa de consumo y de demanda muy alta que da inicio y final hasta 2040 aumentando en un porcentaje mayor, que oscila entre 2,71 % el 3,61 al año, y posteriormente será necesario un abastecimiento de 2.800 y 3.500 twh (Tera vatios/hora), es una cifra que duplica el consumo o demanda actual. (Expansión energética, Madrid, 2019, p.4)

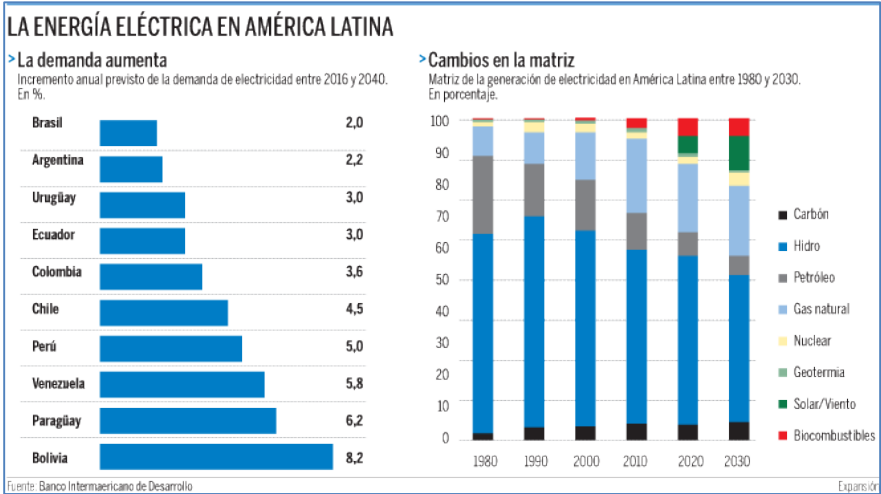


Figura 2. Crecimiento de la demanda de energía en América latina.

Nacional

“El sector Industrial en el Perú, ha crecido desde 1990 hasta el 2018, en un valor superior al 200%, es decir que, en el Perú, actualmente se producen 2 veces más, este crecimiento industrial ha sido posible debido al crecimiento de la generación eléctrica” (OSINERGMIN, 2018, p.6).

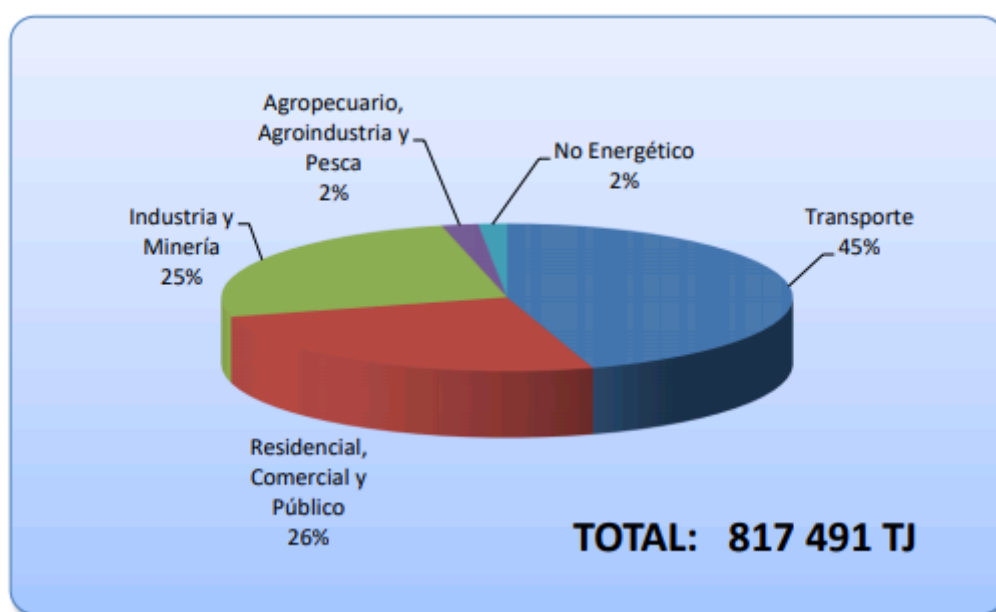


Figura 3. Demanda energética por el sector privado económicamente en el año 2016.

En diferentes regiones del país, en diferentes mercados mayoristas y minoristas, existe una demanda de productos lácteos que no son conservados en las cámaras frigoríficas, debido a la poca capacidad de éstos, como también a la ausencia de sistemas de refrigeración. Además, las malas técnicas de manipulación del despacho de los quesos de diferentes tipos y marcas, no habiendo un protocolo sanitario que establezca su venta adecuada, origina que éste producto llegue a los consumidores finales en condiciones no óptimas. (Gálvez, 2016, p.4).

En nuestro país no es suficiente la leche que vendemos, por el consumo de capital que es muy bajo, ya que el mercado es muy bajo y eso define un mercado potencialmente activo, ya que anualmente solo procesamos 350 mil TM, en este caso también sustituimos importaciones y 2 mil TM para así aumentar el porcentaje consumo de per capital. A grandes masas. (Piskulich, 2017, p.4).

En el Perú, la producción de quesos y mantequilla, se ha tecnificado, siendo más la producción en el ámbito industrial que en el sector doméstico. (INEI, 2017, p.9).

Tabla 1. Producción de queso y mantequilla.

Año	Derivados lácteos (T.M)	
	Queso	Mantequilla
2007	6 392	948
2008	6 474	1 012
2009	8 519	1 328
2010	6 656	1 369
2011	9 372	1 408
2012	9 421	1 257
2013	10 718	1 358
2014	13 847	1 276
2015	17 408	1 985
2016	14 377	2 577

Fuente: INEI, 2017.

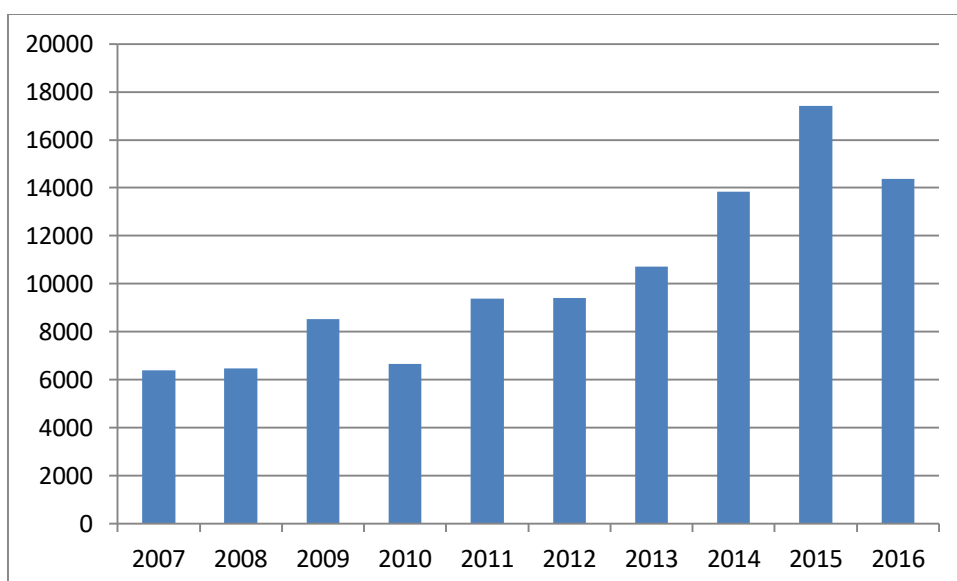


Figura 4. El crecimiento de la elaboración de queso en el país, 2007-2016.

INEI

En la figura 1, se puede apreciar que la producción de queso en el Perú, ha crecido significativamente, triplicando su producción en el periodo 2007 – 2016,

siendo una de las razones la industrialización de la producción en plantas elaboradoras de queso de diferentes tipos, para fines de exportación.

En las zonas de la costa del Perú, la demanda de energía para la conservación de los derivados de los productos lácteos eleva los costos de venta; esta situación se evidencia más en zonas en donde se tiene temperaturas altas, que en promedio tienen 30 grados centígrados. Los supermercados son los principales conservadores de estos productos, lo que encarece su precio, y finalmente el consumidor termina pagando a costos elevados. (PRODUCE, 2016, p.3).

La producción de derivados de la leche en el país, se ha manifestado en gran producción los últimos años, en actividades altamente productivas para las grandes y medianas empresas, debido al acopio de la leche desde los productores pecuarios, hasta su procesamiento en las plantas industriales. La conservación en el transporte, es uno de los aspectos que en muchos casos no se da en condiciones apropiadas, debido a la no regular las temperaturas en los interiores de las cámaras frigoríficas. El consumo de combustible se incrementa en un 50%, en una unidad móvil, al tener accionado el sistema de refrigeración. (PRODUCE, 2016, p.5).

Local

La empresa CHOTALAC SRL, dentro de sus costos operativos para la elaboración y conservación de Quesos, tiene a los gastos que interviene en el consumo de energía, como uno de los de mayor relevancia, que en total de toda la instalación superan los 5 Mil Soles; específicamente en el área de conservación de quesos, que es donde el tiempo de accionamiento de las cámaras de conservación es durante las 24 horas del día, debido a que éste producto para que no pierda propiedades, debe mantener la temperatura entre los 0 y 10° Centígrados.

Las cámaras de conservación de quesos, de capacidad de 150 Kg, utilizan el sistema de compresión de vapor, en dónde la energía que el sistema requiere es para el accionamiento del compresor de vapor, el cual tiene una potencia de 2.5 KW, siendo éste el consumidor de energía, que se activa de acuerdo a la carga térmica en el interior del evaporador del sistema.

En la tabla 2, se muestra se manifiesta el reporte de su consumo de energía en KW-h de la planta de elaboración de queso, el cual está conectado a la Sub estación S201 Chiclayo (ST2), con un pliego tarifario MT4y de la facturación durante los doce últimos meses, en el cual se puede observar que el importe tiene tendencia a incrementarse cada mes.

Tabla 2. Consumo de energía y facturación eléctrica.

Periodo	Consumo Kwh	Importe S/.
2017-08	13710.9	5201.6
2017-09	12375.44	4891.8
2017-10	12775.44	5040.6
2017-11	12862.71	5366.1
2017-12	13729.08	5447.4
2018-01	14331.8	5169.2
2018-02	14454.53	6009.1
2018-03	16037.26	7035.1
2018-04	15142.71	6937.2
2018-05	14687.26	6419.9
2018-06	12963.62	5959.4
2018-07	13967.26	6129.8
2018-08	14398.17	6293.9

Fuente. ENSA, 2018

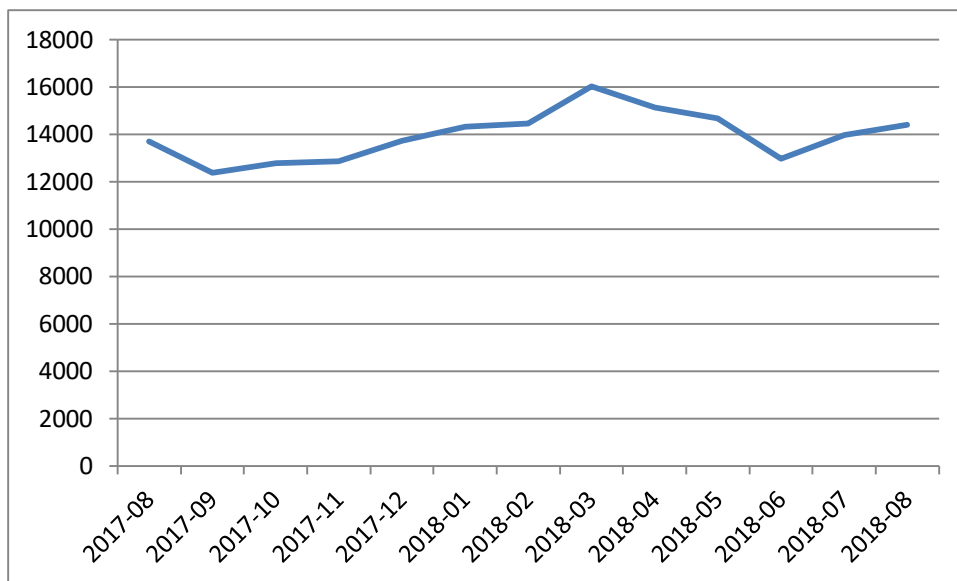


Figura 5. Evolución del consumo de energía eléctrica.

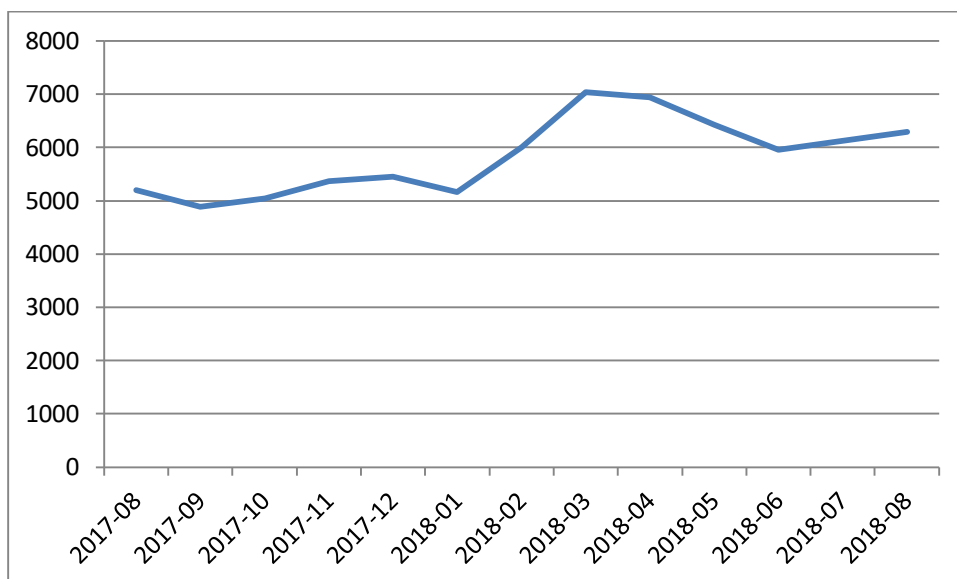


Figura 6. Facturación de energía eléctrica e historial del consumo.

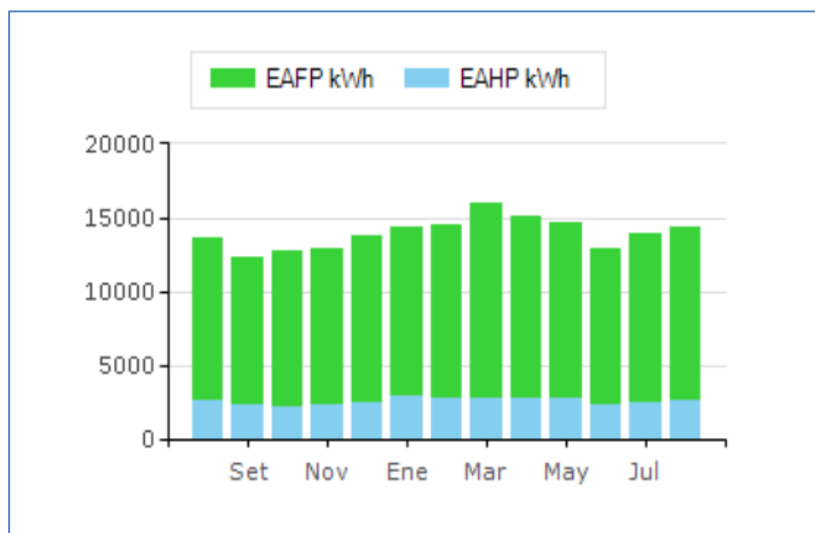


Figura 7. Manifestación del consumo en horas punta y en horas normales.

1.2 Trabajos Previos.

(ROMERO, 2014), en su tesis denominado: “Auditoría de calidad al proceso de producción del queso”, presenta entre sus conclusiones:

El presente trabajo investigativo se fundamentó en la realización de una Auditoría de Calidad en la Fábrica de Lácteos Agostino, dedicada a la producción de quesos, de la Parroquia 10 de agosto, donde se evaluó la calidad del producto, el nivel de satisfacción de los consumidores, y el cumplimiento con el reglamento de la buena práctica el proceso de elaboración de alimentos y Procesados y las Normas INEN. Para conseguir un producto de calidad con la materia prima de pasar por un análisis y control antes de ser utilizada para la elaboración del queso; cumpliendo con los procesos de higienización, medición y enfriamiento exacto antes de ser almacenada dentro de la planta; determinándose que los procesos técnicos de calidad garantizan excelente materia prima esto se realiza para satisfacer una necesidad de las empresas que brindan a los consumidores se debe establecer características del producto como: ser nutritivo para la salud, económico, tener un color exacto, medidas estandarizadas, diferenciando el sabor de los demás lácteos, cumplir con los procesos técnicos de elaboración y contar con el registro sanitario. Para garantizar el posicionamiento y el prestigio de la empresa, debe regirse a las Normas INEN y las normas del buen uso de las practicas del proceso en la industria alimenticia, donde se establecen los parámetros

En dicho proyecto se realizó un diagnóstico de energía en la planta, enfatizando dichas pérdidas de energía que se producen en las cámaras de frío con el sistema eléctrico y térmico para posteriormente realizar un análisis de pérdidas y dar soluciones para mejorar el consumo de dicho establecimiento. En este caso se realizara un estudio completa de las manifestaciones en el sistema, dando como muestra que la planta es ineficiente en los procesos que realiza tanto en la producción como en la el consumo ya que se encuentra con una potencia eléctrica muy debajo de lo que se requiere dando como respuesta un producción incresiente por esta simple razón se propone como medida de solución instalar un régimen de registro diario, analizando los consumos de diésel y electricidad y adicionalmente se adecuara un sistema de cogeneración que será un proyecto a futuro, en dicha planta ya sea de energía térmica o eléctrica que sea necesario para el proceso de la planta.

La empresa purina es una empresa que procesa alimentos balanceados de todo tipo para animales, esta empresa es líder en su rubro debido a su calidad de producción. en la actualidad la empresa se encuentra pasando por serie de aumentos de energía en lo que concierne a lo energético. Y esta variación está afectando con la producción, es por eso que se propone a ser una auditoria energética que disminuya y aumente la eficiencia de la energía y así también baje el consumo de energía eléctrica en dicha empresa. Logrando mejorar su proceso de elaboración de sus productos, de este modo se dará solución a su problema de gasto económico elevado y nos permitirá dar soluciones a mediano plazo y a largo plazo por el bien de la empresa. Aumentaremos la eficiencia de la energía para aprovechar su potencia de trabajo y así pueda bajar el consumo de energía eléctrica la cual se manifestará en los recibos mensuales.

Con la auditoria energética se analizará el desempeño de la eficiencia y consumo con ahora en todas las medidas de producción y sabremos en que se gasta la energía dando un buen uso a todos los equipos eléctricos electrónicos neumáticos ect, con el fin de establecer estrategias gerenciales en lo que concierne a energía.

LLANCAMÁN Manuel. “Desarrollo de un manual de auditorías” Universidad Austral de Chile, 2007.

Cuando las muestras se representan en el manual se puede manifestar como porte para saber cómo mejorar el ámbito de que chile alcance o mejore su gran problema de eficiencia que manifiesta en los procesos de elevaron de materia prima.

Con la conclusión tenemos que el manual se puede utilizar un ámbito de hacer auditorías energéticas con ello realizar un alcance mayor de la eficiencia energética en el consumo de energía eléctrica tal como se manifestó en la auditoria de la empresa que se realizó en la tesis de la titulación, con lo que se concluye adicionalmente en el futuro habla libros más completos que el presente manual, promocionados seguramente por el gobierno de chile o la empresa privada que lleve aun amento de manuales de este tipo que nos lleve a un buen desempeño de la energía eléctrica, con las auditorías energéticas.

1.3 Teorías relacionadas al Tema.

Auditoría Energética.

“Los auditores de energía tiene como objetivo determinar los puntos en donde la utilización de la energía no se realiza de acuerdo a un óptimo, determinado por las teorías” (García, 2017, p.5)

“El ahorro en una auditoría tiene que ver con el control de facturas y precios de energía, así como también con el seguimiento periódico de todas las variables del proceso productivo” (García, 2017, p.6).

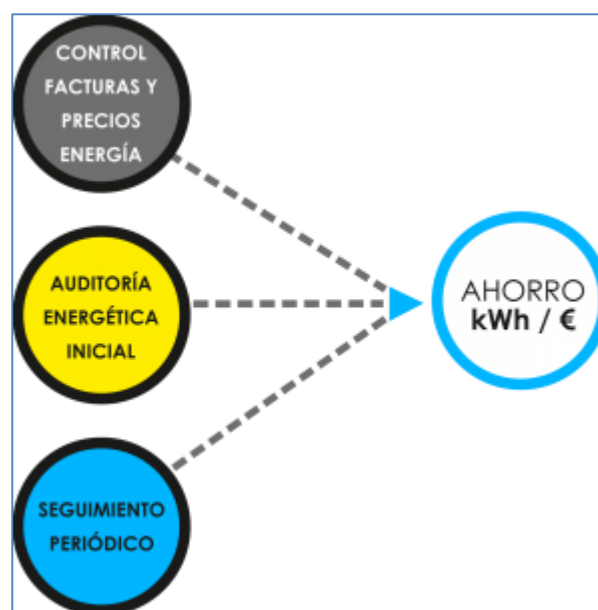


Figura 8. Auditoria energética.

Uno de las formas de recolección de datos y consumo, suministros en todas sus formas de energía se realizan con el fin de evaluar la posibles o posibilidades que nos lleva a un ahorro de energía y también a una cuantificación en la misma forma para saber determinar los acontecimientos y las oportunidades económicas de realizarlas o ejecutarlas.

Paso 1. Verificación de información de todo lo acontecido y revisar los inventarios de las instalaciones.

- Identificación de proceso de producción y las áreas que recorre el personal.
- Identificación de las fuentes de energía.
- Identificación del consumo de energía, horas de operación y potencia contratada.
- Información de los recibos del suministro de energía.

Paso 2. Elaboración de un balance energético con el objetivo de conocer como está distribuido la energía en el contorno de la planta y de áreas de producción más o menos saber dónde están las cargas.

- Descripción de datos principales.
- Mediciones y registro puntuales.
- Las energías que salen y entran deben estar expresadas o estar referidas a un mismo período de tiempo y expresadas en las mismas unidades.
- El balance debe estar registrado en el principio de energía que soporta el sistema y sus instalaciones sea idéntica al soporte.

Paso 3.- Reconocer que tipo de equipos están instalados en el sistema para así saber el consumo total del circuito.

Paso 4.- Obtener índices de consumo de energía.

- Consumo de energía, específico.
- Factor de carga.

Paso 5.- Determinar los potenciales de ahorro de energía por equipos, áreas o centros de costos, mediante una evaluación técnica detallada en los diferentes campos.

Paso 6.- Identificar las medidas apropiadas de ahorro de energía.

Paso 7.- Evaluación de los ahorros de energía en términos de costos.

Proceso de Elaboración de Quesos.

Consta básicamente de cuatro procesos que son el agregado del cuajo, el corte y agitado, el agitado y la maduración. (INTA, 2016, p.3).

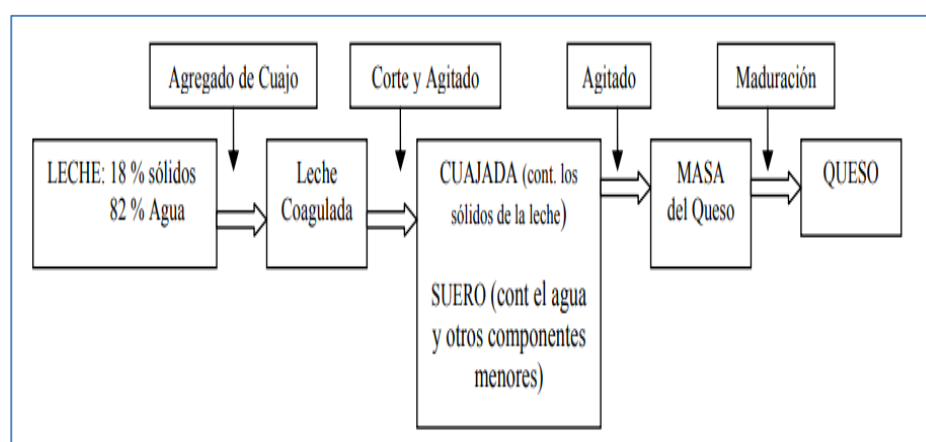


Figura 9. Proceso de elaboración de queso.

La elaboración de queso, tiene un conjunto de operaciones, el cual empieza con el acopio de la leche, que tiene 18% de sólidos y 82% de agua, a dicho insumo se le agrega el cuajo, el cual tiene un efecto de fermentación de la leche; ésta leche cuajada es almacenada en uno tanques por un periodo determinado; para luego enviarse a la operación de corte y agitado, el cual consigue que la masa adquiera otra consistencia, para luego el proceso de maduración, el queso adquiera las propiedades y formas para su conservación de las cámaras frigoríficas de temperatura entre 0 y 10°C. (INTA, 2016, p.9).

La temperatura ideal para conservar el queso

Los lugares más apropiados para almacenar el caso sería zonas que estén a una temperatura de 6 a 12 grados centígrados y este tienen que ser lugares húmedos y frescos la solución más frecuente será guardarlas en la nevera del figurado, el queso al tener un poco de calor el ambiente donde este va

perdiendo su grasa natural por el sudor que baja del mismo, es por ende que va perdiendo textura y sabor, la nevera también tiene un define que es muy frio y esto por lo general lo reseca, por eso es muy importante el envoltorio en el que es transportado.

Su temperatura para que se conserve el queso puede variar entre 4 y 12 grados esto varía según la fórmula del queso o si es blanco, como el Arzúa-Ulloa, o Cremosíño o Tetilla, o de pasta más dura con los de barra HOXE/NENO o LENDAS. Cuanto más blandos, menos temperatura, aunque para resumir entre 4 y 12 grados vale para todos. (HOXE S.C, 2016, p.3)

“En los almacenes de maduración de quesos, lo que se busca es el control de tres variables: La temperatura en la cámara, la humedad relativa del ambiente y la velocidad del aire en circulación” (Muñoz, 2015, p.4).

La conservación de queso, debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Control de la Temperatura.
- b) Control de la Humedad.
- c) Dimensiones Adecuadas.
- d) Temperaturas entre 0 y 20°C
- e) Humedad entre 50 y 96%.

Sistemas de Refrigeración.

“La máquina térmica más eficiente que existe en la que efectúa el ciclo de Carnot, el cual consiste en dos expansiones y dos compresiones” (Arias, 2016, p.8).

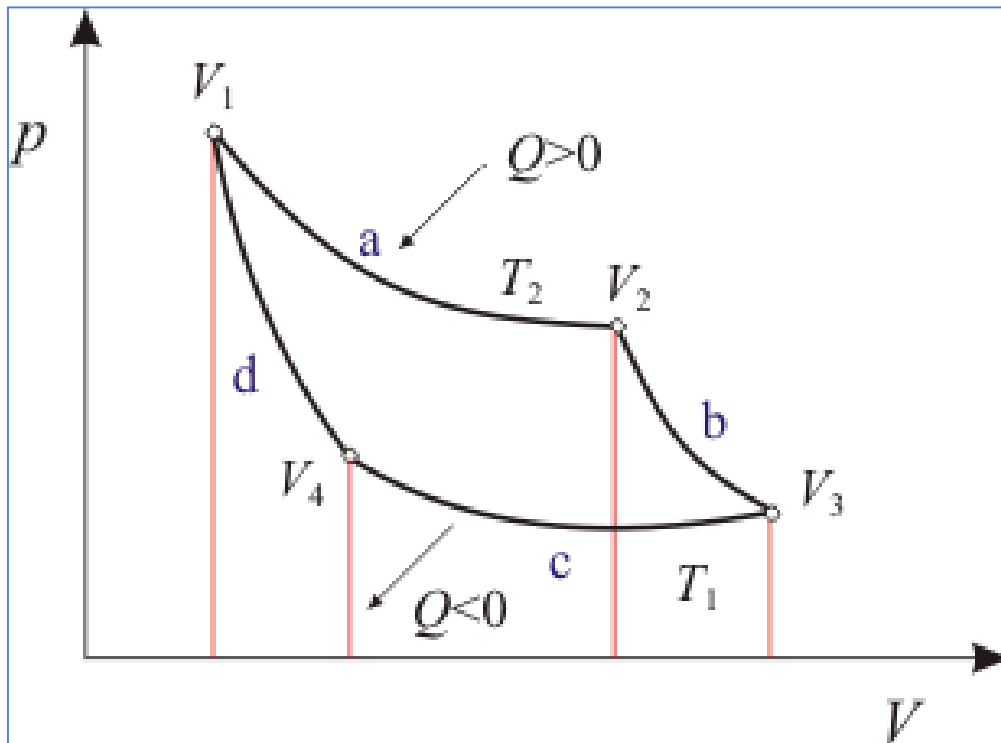


Figura 10. Ciclo de carnot.

Descripción de los Procesos Termodinámicos.

Etapas A) Expansión isotérmica

El proceso de expansión isotérmica, se realiza desde el estado termodinámico 1 hasta el 2, los cuales deben incluir la temperatura, presión y volumen específico, de acuerdo a la ley general de los gases.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Siendo la $T_1 = T_2$, la expresión, se reduce a.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Aplicando el primer principio de la termodinámica, se tiene:

$$W = Q + \Delta U$$

Dónde.

W: Trabajo realizado en el proceso.

Q: Calor cedido en el proceso.

ΔU : Variación de la energía interna.

La variación de la energía interna, se da cuando existe una variación de la temperatura, en éste caso $\Delta U = 0$

Por lo tanto, la primera ley de la termodinámica para el proceso isotérmico es:

$$W = Q$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Etapas B) Expansión adiabática

Este proceso se da por el cambio del estado 2 al estado 3.

Siendo la T_1 diferente a la T_2 , la expresión, con una constante k , denominado constante adiabática, se tiene;

$$P_1 V_1^k = P_2 V_2$$

Etapas C) Compresión isotérmica

$$W_2 = Q_2$$

Etapas D) Compresión adiabática

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Potencia Eléctrica.

Cuando la potencia eléctrica que proviene del generador me obtiene con la diferencia del voltaje o tensión(V), y por la corriente eléctrica(I), la cual es transformada por el trabajo.

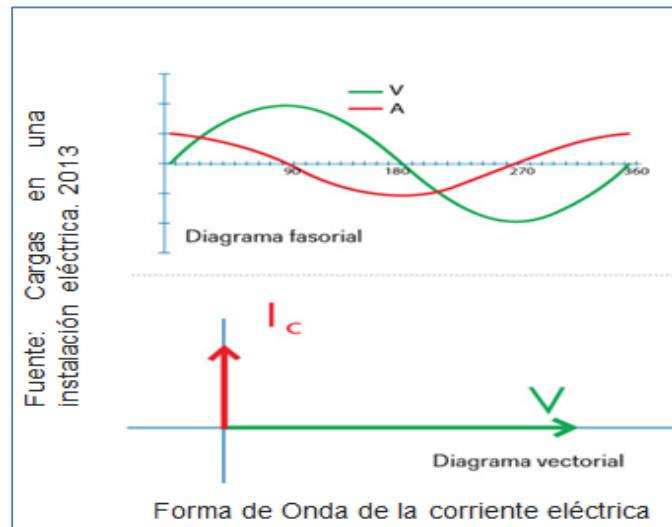


Figura 11. Forma de la onda eléctrica.

Carga capacitiva

Es la carga primera del ciclo que entrega la fuente de corriente alterna en este caso la transforma en campo eléctrico que cuando regresa el ciclo medio a fuente aumenta la potencia, más bien dicho que el condensador se carga y descarga.

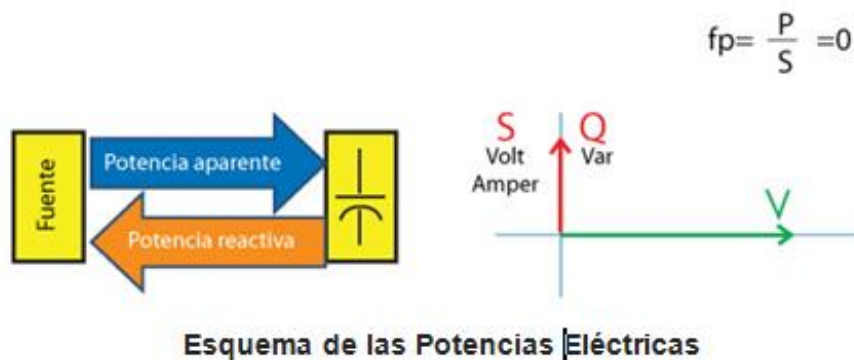


Figura 12. Fuente de potencias.

La potencia aparente (S) es producida por la carga eléctrica, de la fuente se manifiesta como consumidor de energía que luego la retoma (Q) como potencia reactiva ala fuente por lo que la carga no consume nada (P=0).

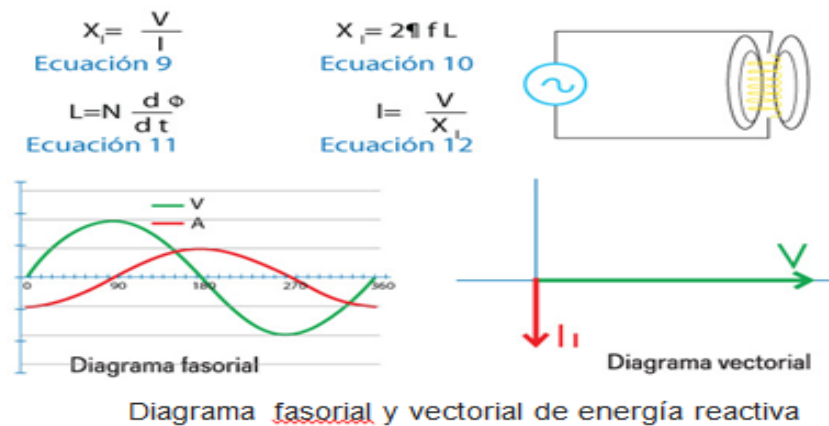


Figura 13. Diagramas fasorial y vectorial de energía reactiva.

Carga Inductiva

“La carga en el primer medio del ciclo de la fuente de intensidad alterna la convierte en campo magnético que varía de acuerdo con dichas leyes de Faraday y lenz, producen una tensión en la bobina que se opone a la fuente que produce”

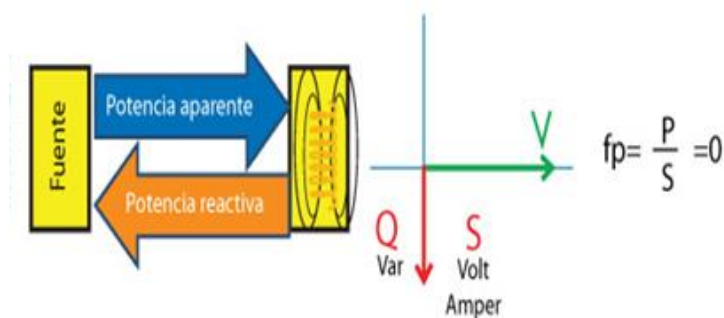


Figura 14. Diagrama fasorial y vectorial de energía por carga inductiva.

De la misma manera que una carga capacitiva.

La carga inductiva toma una potencia aparente (S) de la fuente se aparente para el consumo pero que posteriormente la regresa (Q) aplicando la potencia reactiva a la fuente, que se desplaza 180 ° con respecto a la potencia reactiva capacitiva.

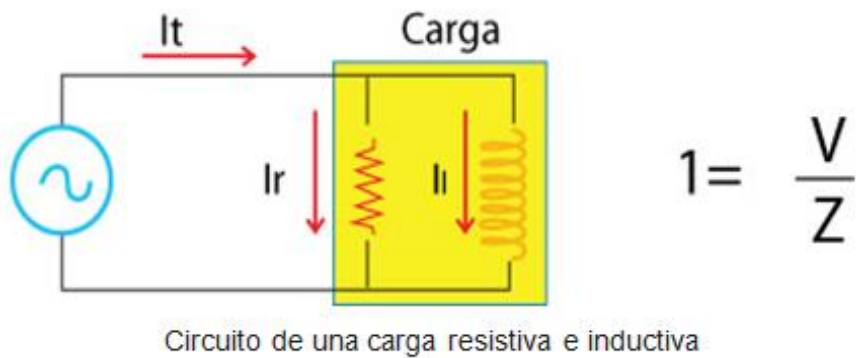


Figura 15. Circuito de una carga resistiva e inductiva.

Carga mixta

Se dice carga mixta al punto de vista electrotécnico que puede ser formado por las combinaciones del elemento resistivo y capacitivo e inductivo tales como sucede en una maquina o motor también se puede representar la combinación de los elementos resistentes y un elemento inductivo.

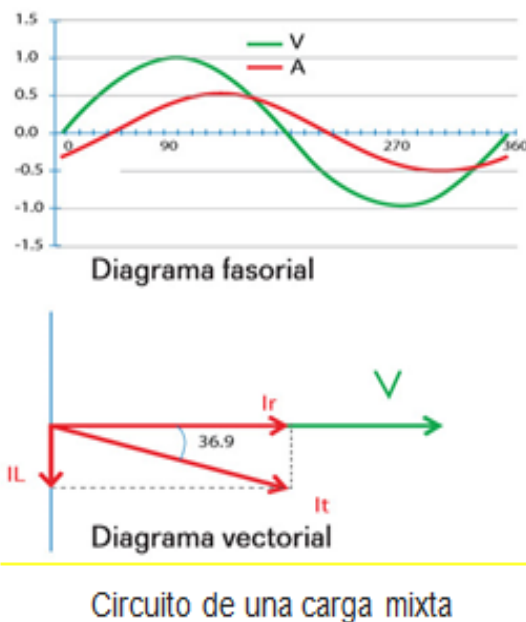


Figura 16. Circuito de una carga mixta.

Cuando hay impedancias en un circuito forman R y XL, cuando se instala este tipo de circuitos dependen mucho de la tensión y su impedancia. Cuando hay estos casos la corriente tiende a estar atrasado al ángulo de desfase donde se originan las potencias aparentes, real y reactiva.

En la importancia de la potencia se utiliza, aplicando un factor de potencia igual a uno, y la energía que se consume sería equivalente a decir cuánto tiempo se planea utilizar dicha potencia, quedando $E=P(t)$. utilizando las siguientes unidades Wh es este valor que se convierte en factura.

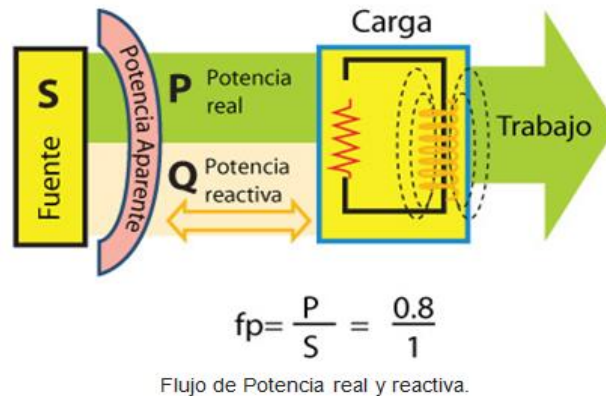


Figura 17. Flujo de potencia real y reactiva.

1.4 Formulación del Problema

¿Cómo determinar la disminución del consumo de energía en la planta de elaboración de productos lácteos, chotalac srl - Chiclayo mediante una auditoria del sistema eléctrico?

1.5. Justificación del Estudio.

Justificación Técnica.

La investigación se justifica en lo técnico porque el consumo de energía eléctrica no tiene relación directa con la producción, debido fundamentalmente a que las variables de funcionamiento de los motores, no están dentro de un valor de eficiencia que permita que los consumos de energía serán los óptimos.

El presente proyecto tiene la justificación porque en la actualidad ya existe tecnología permitiéndonos determinar perdidas de energía y al mismo tiempo se identifica mecanismos que no esté funcionando equitativamente o a su capacidad por la cual fue diseñada o adquirida ya sea que funcionen de manera

muy deficientes según los estándares solicitados por el ministerio de energía y minas.

Justificación Económica.

La justificación económica es el costo de funcionamiento por su consumo de energía eléctrica en la planta de elaboración de quesos, incrementan el valor del producto terminado; por lo tanto, la optimización del consumo de energía eléctrica, implica mayor rentabilidad para la empresa. La facturación del recibo de energía eléctrica se incrementa, no en la misma relación en la cual se incrementa la producción, es por ello que las propuestas de mejora, producirán menores consumos de energía eléctrica en la planta de Elaboración de Quesos.

Justificación Ambiental.

Esta investigación tiene la justificación de gran relevancia en nuestro medio ambiente que debido a la disminución de facturación de la energía que se está estudiando y proponiendo es consecuencias de la disminución en la generación eléctrica, teniendo su sustento como estudio debido a la proximidad que se genera ya sea la mitad ósea el 50% corresponde a centrales térmicas según (COES SINAC 2019). En el proceso de generación térmica esta produce gases tóxicos al medio ambiente.

1.6 Hipótesis.

La auditoria del sistema eléctrico permite determinar la disminución del consumo de energía en la planta de elaboración de productos lacteos, CHOTALAC SRL CHICLAYO.

1.7 Objetivos.

1.7.1 General

Realizar una auditoría del sistema eléctrico para determinar la disminución del consumo de energía en la planta de elaboración de productos lácteos, CHOTALAC SRL – CHICLAYO

1.7.2 Específicos.

- Diagnosticar el estado actual del consumo de energía eléctrica en función a la cantidad de queso que se procesa en la empresa.
- Realizar un análisis comparativo entre los parámetros de funcionamiento nominal y real de los motores eléctricos de los mecanismos de los procesos, realizando mediciones eléctricas
- Proponer acciones a implementar en la Planta, a fin de reducir el consumo de energía eléctrica.
- Realizar un análisis económico del proyecto, utilizando indicadores tales como VAN, relación Beneficio Costo, y Tasa Interna de Retorno.

II. METODOLOGÍA.

2.1. Diseño de Investigación.

No experimental. Porque se aplica la manipulación de la variable sin tener resultados alguno.

Queriendo decir que la investigación corresponde y hace variar dicha variable sin tener resultados alguno, Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

2.2. Definición Operacional.

Variable independiente. -

Auditoría del sistema eléctrico

Variable dependiente.-.

consumo de energía en la planta de elaboración de productos lácteos, Chotalac Srl – Chiclayo.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS
Variable independiente: auditoría del sistema eléctrico	En uno de los procesos sistemáticos con el cual se consigue unos de los conocimientos más precisos y fiables del consumo energético de la empresa.	La medición de ésta variable se realiza mediante los indicadores, tales como es el consumo de energía por producto terminado.	Consumo de energía por 1kg de Queso	Kw-h/Kg Queso.	Guía de Observación
			Costo de Energía por Producto Terminado.	Soles / Kg de queso	
Vvariable dependiente: consumo de energía en la planta de elaboración de productos lácteos, chotalac srl – Chiclayo	cantidad de energía eléctrica que se requiere para accionar las diferentes cargas eléctricas generadas por motores que dan en movimiento mecánico para así producir o elaborar el queso.	La cantidad de energía consumida por el mecanismo y la cantidad de energía suministrada, determina la eficiencia del mismo.	Tensión Eléctrica	Voltios	Guía de Observación
			Intensidad de corriente eléctrica	Amperios	
			Potencia Activa	KW	
			Potencia Reactiva	KVAR	
			Energía Activa	kw-h	

2.3 Población y muestra:

Población.

Los consumidores de energía eléctrica de la empresa CHOTALAC SRL.

Muestra.

Coincide con la población.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos: valides y confiabilidad:

2.4.1 Técnicas

TÉCNICA	USO	INSTRUMENTO
Revisión documentaria.	Se revisaran los trabajos de Investigación, artículos científicos, en lo referente a auditorías energéticas en instalaciones semejantes a la planta de elaboración de quesos.	Evaluación Documentaria.
Observación.	Se realizarán las mediciones de los parámetros de funcionamiento de los motores eléctricos.	Guía de observación.

Revisión documentaria

La revisión documentaria consiste en analizar los artículos científicos en cuanto a sistemas de refrigeración que utilizan energía solar, trabajos de tesis en las universidades locales y extranjeras, manuales de los fabricantes de diferentes marcas, tablas de las propiedades termodinámicas de los fluidos que se utilizan como refrigerantes, así como también manuales de los mecanismos de control eléctrico para la selección de acuerdo al dimensionamiento realizado.

Observación

La técnica, consiste en medir los valores de las variables de funcionamiento de los motores eléctricos, para lo cual se utiliza el analizador de redes.

2.4.2 Instrumento de recolección de datos

-Guías de observación:

Se realizarán las mediciones de los valores de las variables de funcionamiento de los motores eléctricos

-Guía de análisis de documento:

Se revisarán los trabajos de Investigación, artículos científicos, propiedades mecánicas de los materiales y manuales de los fabricantes.

2.4.3 Validez y confiabilidad

-Validez: En este proyecto la validación se concierne a la interpretación correcta y al cuidado exhaustivo en el proceso metodológico del resultado que se obtuvo del estudio.

2.5 Métodos de análisis de datos:

Los datos obtenidos de las mediciones serán analizados mediante el análisis estadístico, utilizando la estadística descriptiva.

2.6 Aspectos éticos:

En este aspecto el investigador tiene la responsabilidad de acudir y copiar fuentes confiables de la información escrita, y ser responsable con los medios que implican el estudio de dicho proyecto. Dando un buen trato a todo aquel que sea objeto del estudio ya sea de salud, el medio ambiente, y tener seguridad y que sea en beneficio de la población.

III. RESULTADOS

3.1. Diagnosticar el estado actual del consumo de energía eléctrica en función a la cantidad de queso que se procesa en la empresa.

Volúmenes de Producción.

Según los reportes del área administrativa de la planta de procesamiento de queso, en el cual cumplen con las condiciones de almacenamiento, de acuerdo a lo que estipula la Dirección General de Salud, en cuanto a la salubridad del producto para consumo humano.

Se tiene dos áreas en la planta, una de ellas es para la elaboración de queso, el cual incluye desde el almacenamiento hasta el moldeado final, y la otra es el área de conservación, en el cual se almacena hasta su despacho final, con las condiciones de almacenamiento tanto en temperatura como en humedad relativa.

Tabla 3. Registro de volúmenes de producción.

	Procesamiento de Queso (Kg)												
	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19
Queso Fresco	840	967.5	1017	817.5	1312.5	684	981	931.5	1147.5	1311	814.5	985.5	1152
Queso Suizo	812	767	989	1233	1110	989	899	989	767	1222	1111	987	787
Queso de Corte	323	311	356	234	432	245	239	343	331	444	288	188	323
Total	1975	2045.5	2362	2284.5	2854.5	1918	2119	2263.5	2245.5	2977	2213.5	2160.5	2262

Fuente: Elaboración propia.

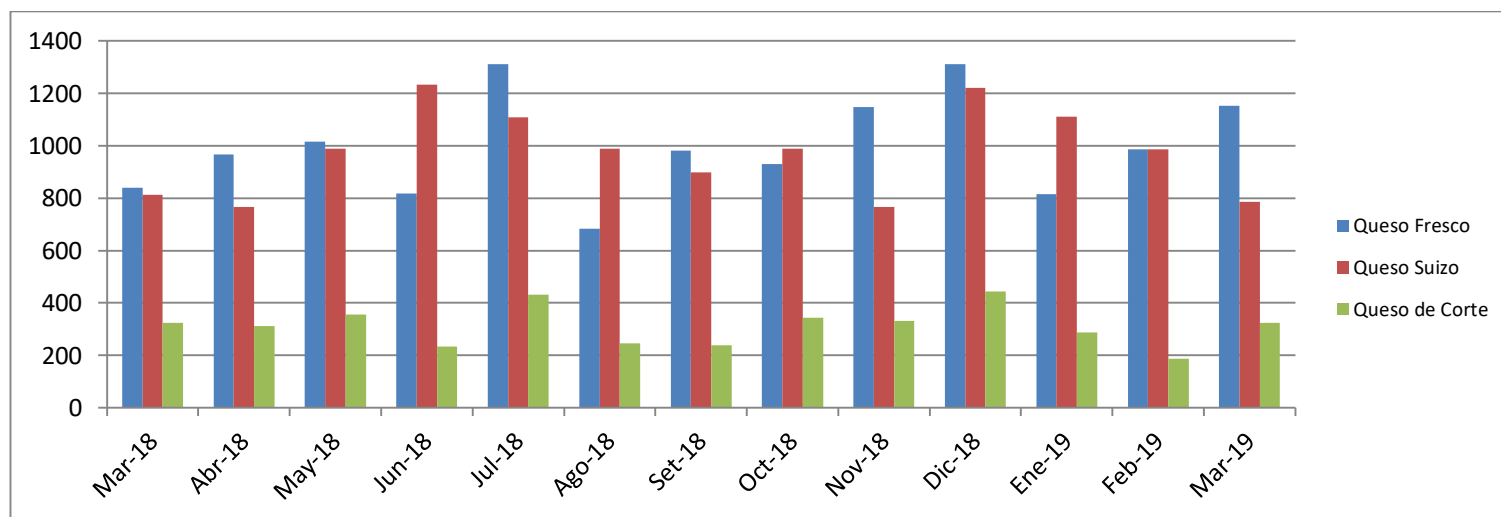


Figura 18. Evolución de la producción en kg por tipo de queso periodo marzo 2018 - marzo 2019.

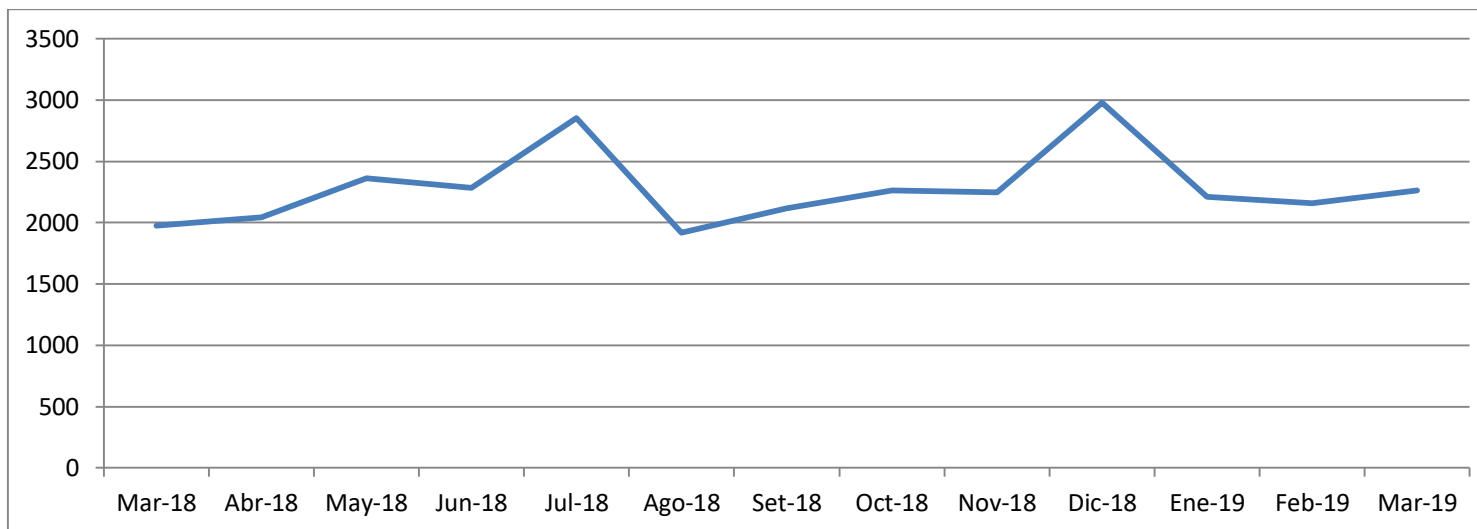


Figura 19. Evolución de la producción en kg total de queso periodo marzo2018-marzo 2019.

En la figura 19 se muestra la variación de la producción en la planta de procesamiento, que en realidad no tiene una producción constante, sino que está en función a la demanda del producto en el mercado Nacional; En el mes de diciembre del 2018, se muestra que la producción estuvo cerca a los 3000 Kg.

Tabla 4. Historia de consumo de energía eléctrica, periodo abril 2018- marzo 2019.

	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19
Energía Activa Total (KW-H)	18032.60	17432.30	18129.59	18854.78	18485.07	18122.62	17767.28	20190.09	22943.28	17121.85	19456.65	18073.60
Energía Activa Hora Punta (KW-H)	3123.26	3737.17	3593.43	3455.22	3322.33	3572.40	3841.29	3693.55	3551.49	3414.89	3283.55	3157.26
Energía Activa Fuera Punta (KW-H)	14909.34	13695.13	14536.16	15399.55	15162.74	14550.22	13925.99	16496.54	19391.79	13706.96	16173.10	14916.34
Energía Reactiva KVAR-H	9023.45	8933.21	8307.89	8382.66	8458.10	8534.23	8559.83	8585.51	8611.27	8637.10	8663.01	8689.00
Potencia Hora Punta KW	50.29	49.79	49.30	37.35	28.29	30.10	32.02	34.06	36.24	38.55	41.01	43.63
Potencia Fuera Punta KW	69.30	57.70	56.70	38.78	59.66	42.01	44.69	47.55	50.58	53.81	57.25	60.90
Facturación Energía Activa S/.	3714.72	3591.05	3734.70	3884.08	3807.93	3733.26	3660.06	4159.16	4726.32	3527.10	4008.07	3723.16
Facturación Energía Reactiva S/	155.03	158.88	123.08	116.96	124.95	132.88	138.55	108.47	74.14	150.17	121.24	140.15
Facturación S/.	7969.35	7722.62	7944.71	8239.74	8099.36	7961.93	7822.86	8788.76	9886.07	7572.98	8503.89	7956.11

Fuente: Elaboración propia.

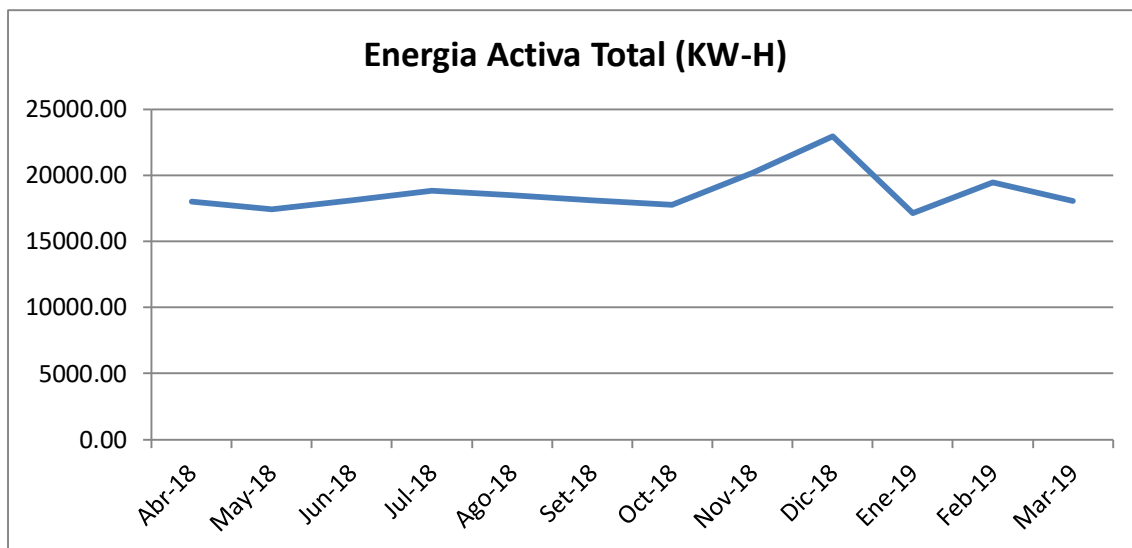


Figura 20. Evolución del consumo de energía activa total (KW-H).

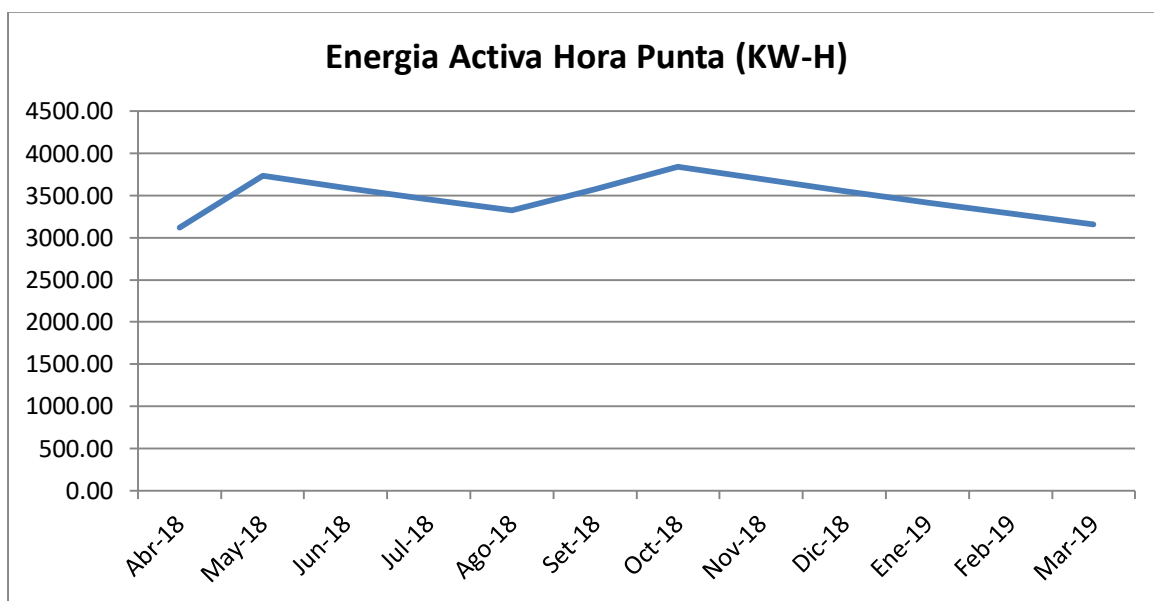


Figura 21. Evolución del consumo de energía activa hora punta.

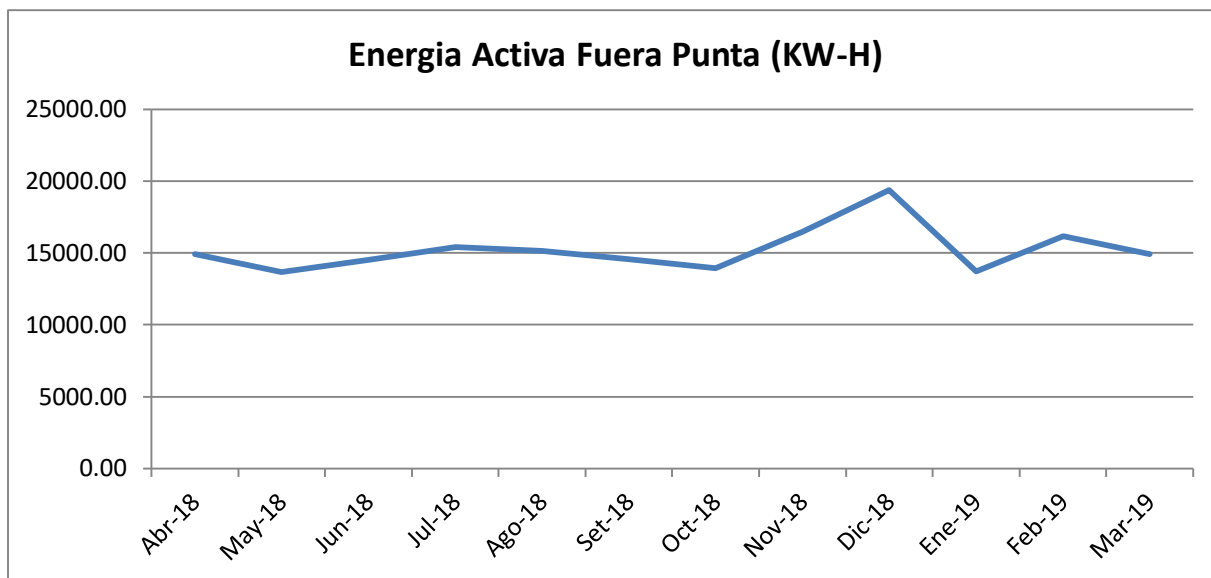


Figura 22. Evolución del consumo de energía activa hora fuera de punta (KW-H).

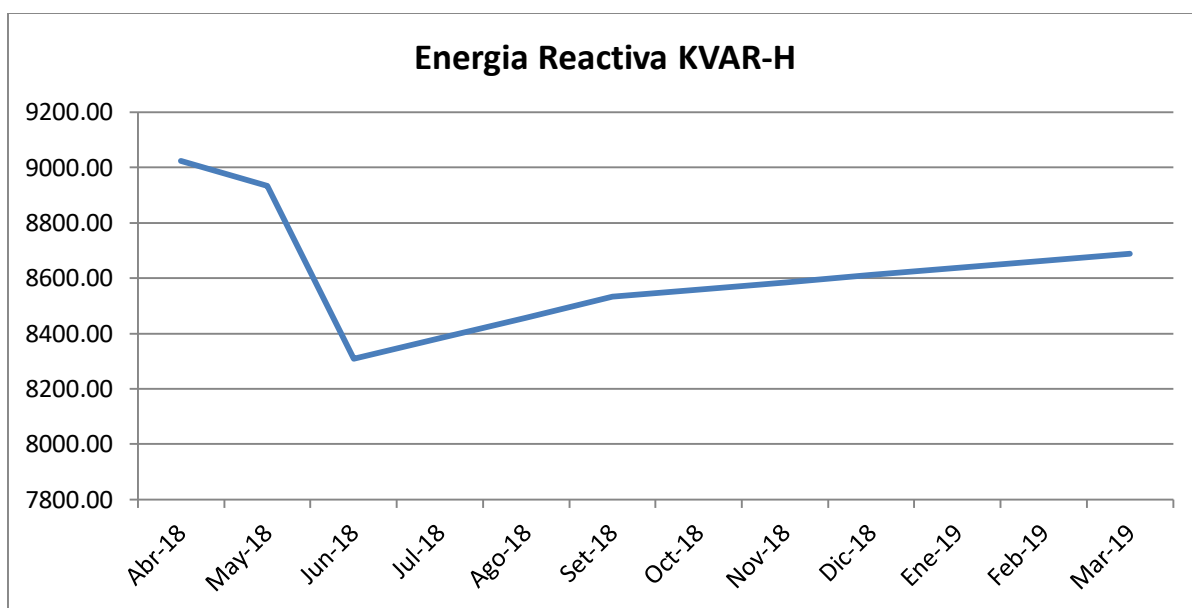


Figura 23. Evolución del consumo de energía reactiva (KVAR-H).

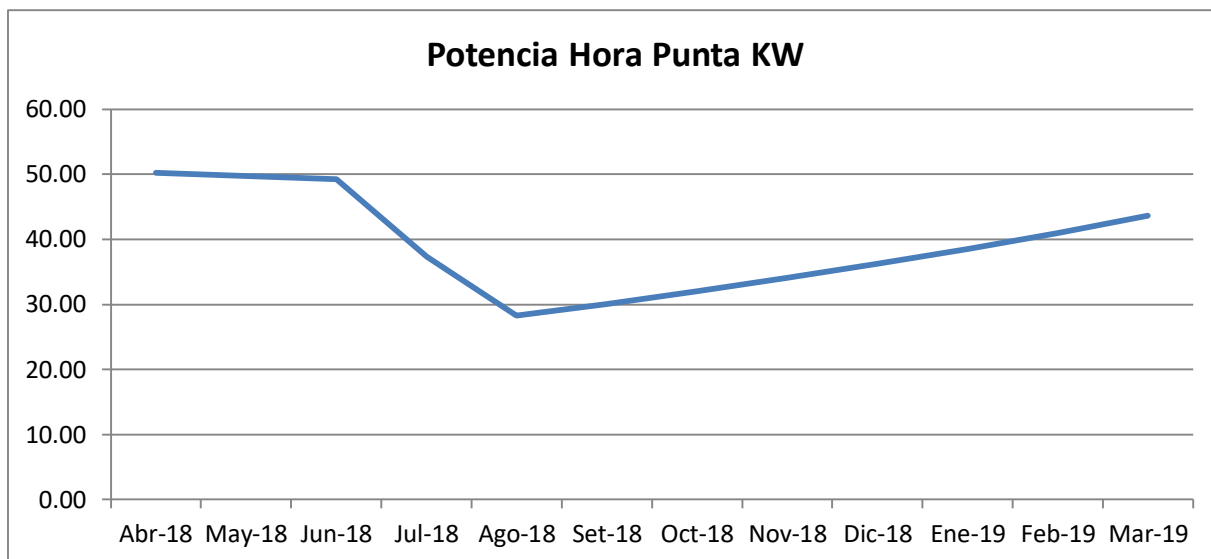


Figura 24. Potencia hora punta KM.

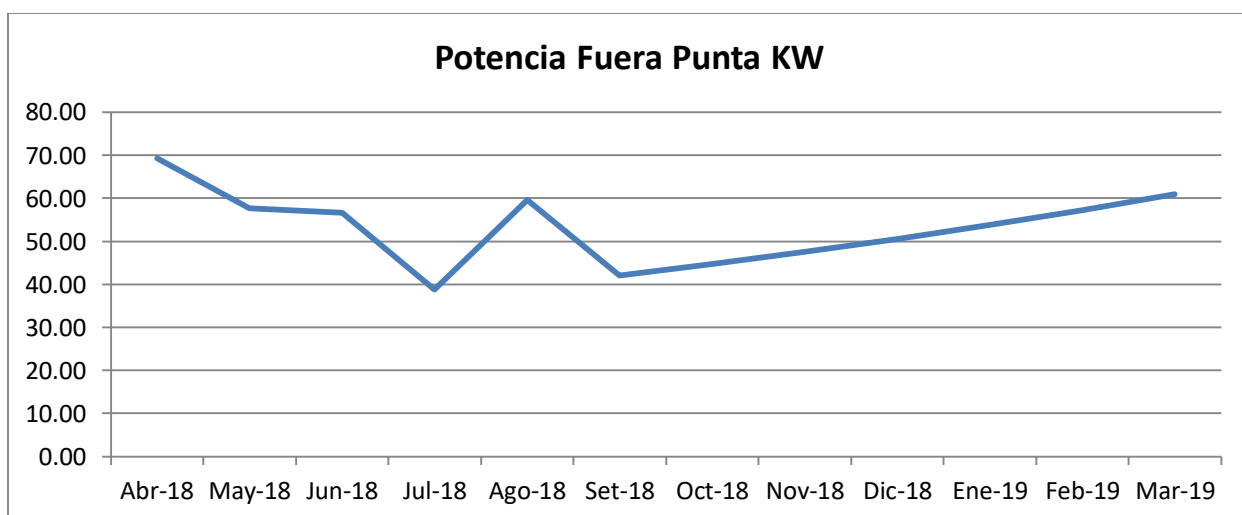


Figura 25. Potencia fuera hora punta KW.

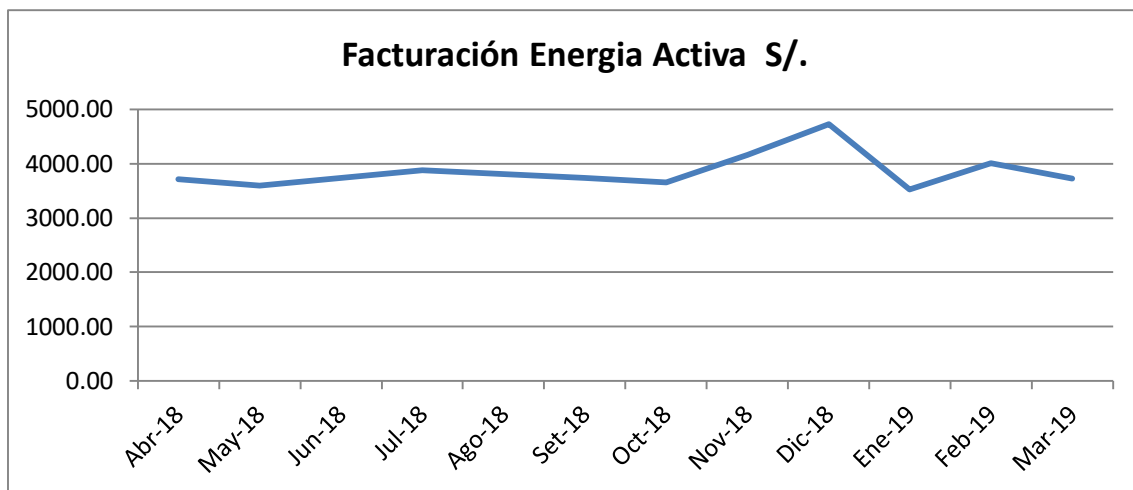


Figura 26. Costo de la energía activa hora punta (S/.).

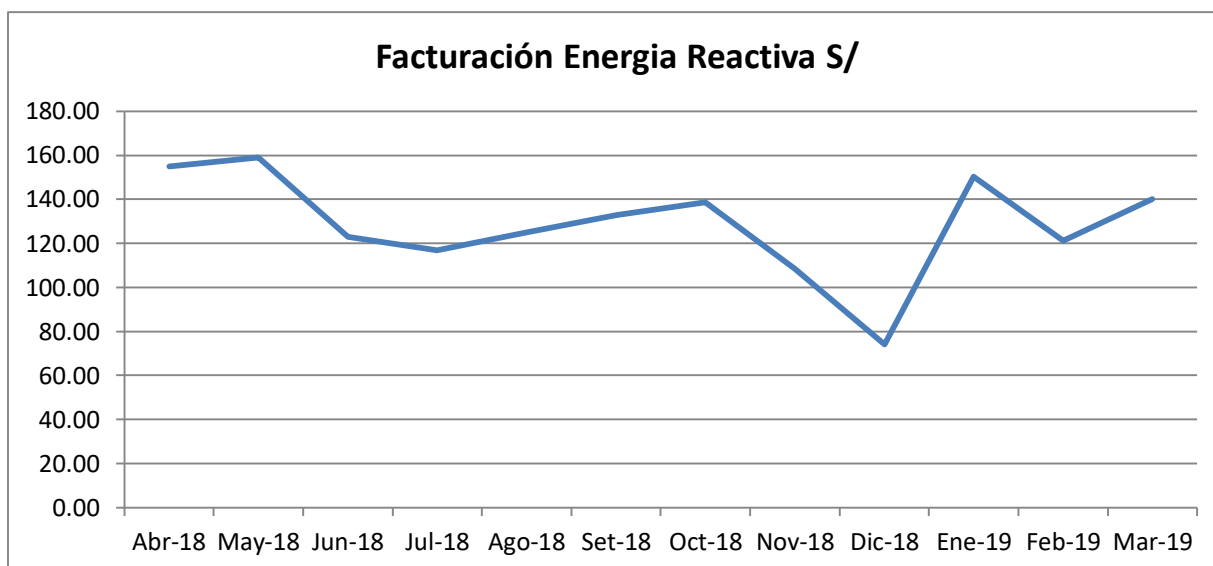


Figura 27. Costo de la energía reactiva (S/.).

Indicadores de Consumo Eléctrico.

Los indicadores del consumo eléctrico, está dado por el valor de la energía eléctrica para producir una tonelada de producto terminado.

En la tabla 3, se muestra dos indicadores, uno referente a la cantidad de energía que se requiere para la elaboración de 1 Kg de Queso, y la segunda, el costo de la energía eléctrica por 1 Kg de Queso elaborado.

En el primer caso, se observa que el menor valor de consumo de energía eléctrica por 1 Kg de Queso es de 5.75 KW-H, se dio en el mes de diciembre del 2018, sin embargo, en el mes de marzo del 2019, el consumo fue de 13.91 KW-H; se observa una diferencia muy notable, por lo cual no sólo es un problema técnico, sino también de optimización de los procesos de elaboración de queso.

El costo de la energía eléctrica, tuvo un valor más cómodo en el mes de diciembre del 2018, con 2.54 Soles por la elaboración de 1 Kg de Queso, a diferencia en el mes de noviembre, en el cual el costo fue de 4.40 Soles, representando un costo operativo que influye en el precio final del producto terminado.

Tabla 5. Índice de consumo eléctrico (KW-H/KG).

	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19
Producción de Queso (Kg)	2045.5	2362.0	2284.5	2854.5	1918.0	2119.0	2263.5	2245.5	2977.0	2213.5	2160.5	2262.0
Consumo de energía activa total (KW-H)	17432.3	18129.6	18854.8	18485.1	18122.6	17767.3	20190.1	22943.3	17121.9	19456.6	18073.6	31454.0
Facturación de Energía Eléctrica S/.	7969.3	7722.6	7944.7	8239.7	8099.4	7961.9	7822.9	8788.8	9886.1	7573.0	8503.9	7956.1
Índice de consumo Eléctrico KW-H/Kg	8.52	7.68	8.25	6.48	9.45	8.38	8.92	10.22	5.75	8.79	8.37	13.91
Costo de Energía Eléctrica por Kg de Queso Procesado S/. /TM	3.78	3.36	3.61	2.84	4.15	3.69	3.88	4.40	2.54	3.84	3.68	3.52

Fuente: Elaboración propia.

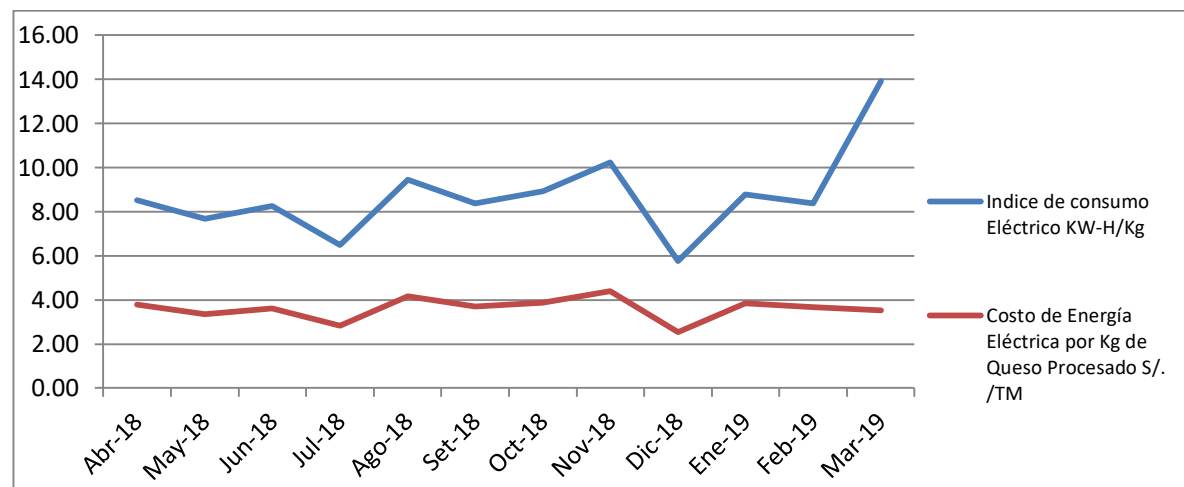


Figura 28. Evolución del índice de consumo eléctrico.

3.2 Realizar un análisis comparativo entre los parámetros de funcionamiento nominal y real de los motores eléctricos de los mecanismos de los procesos, realizando mediciones eléctricas.

Inventario de Consumidores de Energía

Para el inventario de las cargas eléctricas, se ha dividido en 4 grandes grupos, siendo éstas:

- a) Iluminación de la Planta.
- b) Motores Eléctricos en área de Elaboración de Queso
- c) Motores Eléctricos en área de Conservación de Queso
- d) Equipos de Oficina.

a) Iluminación de la Planta.

En la Planta de elaboración de quesos, se realizan labores en diferentes horarios, inclusive en hora de la noche; en el área de elaboración de queso, es en donde se tiene instalados la mayor carga por iluminación. Los equipos de iluminación son de 32 Watt, el cual están instalados en una luminaria con dos tubos fluorescentes.

Tabla 6. Cargas eléctricas en iluminación de la planta.

Item	Descripción	Cantidad	Potencia Unitaria (kW)	Potencia Total (kW)
1	Fluorescentes área de elaboración de queso	50	0.032	1.60
2	Fluorescentes en Área de Conservación de queso	10	0.032	0.32
3	Fluorescentes área Administrativa	8	0.032	0.26
4	Fluorescentes Iluminación Exterior	4	0.032	0.13
Total (kW)				2.30

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4, se puede observar del total de potencia instalada en las instalaciones de iluminación, 1.60 Kw de 2.30 Kw son del área de iluminación, que es el área de mayor presencia de operarios de la planta;

el área administrativa realiza labores de 08.00 hasta las 18.00 horas, en el cual solo utiliza la iluminación cuando hay bajos niveles de iluminación natural.

b) Motores Eléctricos en área de Elaboración de Queso.

En el área de elaboración de queso, se tiene los mecanismos que en su totalidad son accionados con motores eléctricos monofásicos y trifásicos, con potencias desde 0.5 hasta 6.5 KW, con tensiones de operación de 380/220 Voltios.

Se realizó el registro de los datos, los que están impresos en la placa de los motores eléctricos, como también en los planos de la instalación. Los datos consignados son la potencia (KW), la tensión nominal (V), la conexión de los bobinados del motor eléctrico (Estrella – Triángulo) y el factor de potencia. En la tabla 5, se tiene el registro de los datos de los motores eléctricos de los mecanismos de elaboración de queso.

Tabla 7. Motores eléctricos y sus ponencias.

Motor Eléctrico	Potencia de Placa(KW)	Tensión Nominal (Voltios)	Sistema	Factor de Potencia
Compresor de Aire	3.4	380	Triang	0.85
Caldera Piro tubular	4.5	380	Triang - Estrella	0.85
Bomba de Agua	2	220		0.85
Paletizadora	5.6	380	Triang	0.8
Centrífuga	3.6	380	Triang - Estrella	0.8
Bomba de Leche	3.8	380	Triang - Estrella	0.85
Intercambiador de calor 1	6.5	380	Triang - Estrella	0.8
Mezclador	3.5	380	Triang - Estrella	0.8
Intercambiador de calor 1	6.5	380	Triang	0.8
Cuba de Cuajado	4.5	380	Triang - Estrella	0.8
Agitador	3.5	380	Triang - Estrella	0.85
Pre Prensa	1.8	220	Triang	0.8

Prensa	5.2	380	Triang - Estrella	0.8
Llenadora de Moldes	1.8	220		0.8
Cepilladora	0.8	220		0.8
Cortadora	0.5	220		0.8
Total	57.5			

Fuente: elaboración propia.

Cargas eléctricas en área de Elaboración de Queso

En la tabla 5, se muestra los datos de los motores eléctricos, en el cual se evidencia que 4 motores tienen potencia superior a los 5KW, con sistemas de arranque estrella triángulo, y son las que se utilizan para generar calor, mediante resistencia eléctricas en el intercambiador de calor, así como también en el peletizado y prensado.

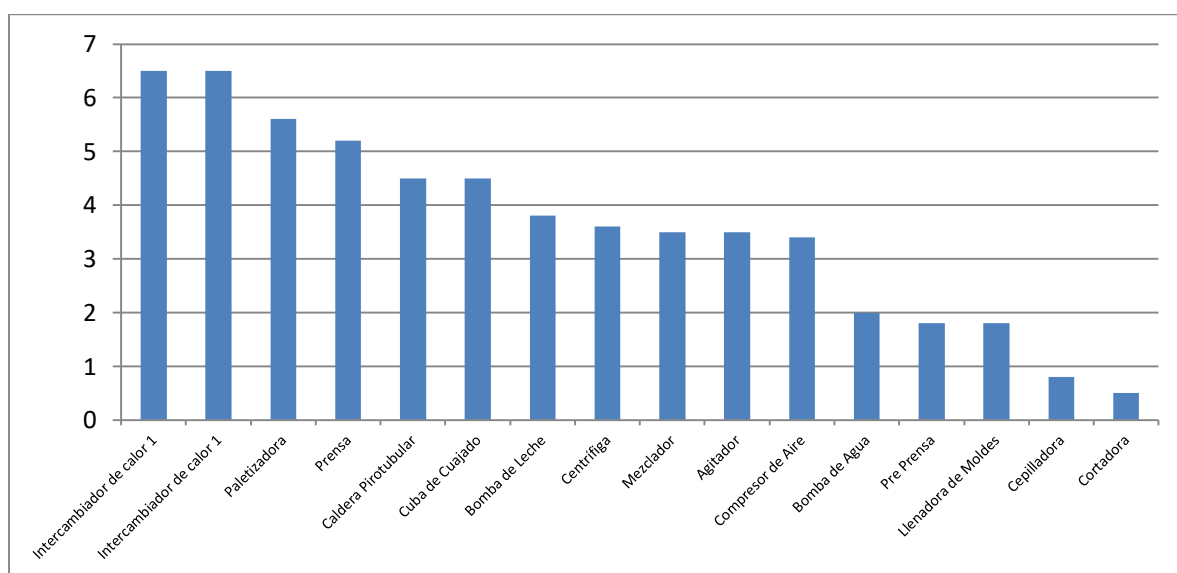


Figura 29. Potencia de motores eléctricos en elaboración de queso.

c) Motores Eléctricos en área de Conservación de Queso

El área de conservación de queso es la destinada al almacenamiento tanto de la leche fresca, así como también la conservación del queso procesado. El área es un ambiente que tiene una temperatura entre 10 y 15°C, y las condiciones son dadas por la presencia de un sistema de refrigeración por compresión de vapor, así como también una torre de enfriamiento para la condensación del líquido refrigerante.

Para la ventilación del ambiente, el aire recorre por el interior, para lo cual se tiene dos ventilados centrífugos de 2.5 KW, que realizan dicha función. En la tabla 6 se muestran los datos de los motores eléctricos para ésta área.

Tabla 8. Cargas eléctricas en área de conservación de queso.

Motor Eléctrico de	Potencia de Placa(KW)	Tensión Nominal (Voltios)	Sistema	Factor de Potencia
Compresor sistema 15Ton Refrigeración	18	380	Triang	0.85
Ventilador Centrífugo 1	2.5	380	Triang - Estrella	0.85
Ventilador Centrífugo 2	2.5	380	Triang - Estrella	0.85
Torre de enfriamiento	8	380	Triang	0.8
Total	31			

Fuente: Elaboración propia.

El sistema de refrigeración, tiene una potencia de 15 Toneladas de refrigeración, equivalente a 52.75 KW, que es flujo de calor que se absorbe en el evaporador del sistema. El compresor es accionado con un motor eléctrico de 18 kW, es decir tiene un coeficiente de performance de $52.75/18 = 2.93$.

d) Equipos de Oficina.

La empresa para su funcionamiento, tiene un área administrativa, con 2 personas, así como también un ambiente para reuniones con clientes de la empresa.

Tabla 9. Equipos de oficinas según su potencia.

Item	Descripción	Cantidad	Potencia Unitaria (kW)	Potencia Total (kW)
1	Equipos de Cómputo, incluye monitor, impresora, CPU	2	0.8	1.6
2	Aire acondicionado Split 24000 BTU Inverter	2	1.6	3.2
3	TV 55"	1	0.7	0.7
4	Cámara de seguridad	14	0.09	1.26
Total (kW)				6.76

Fuente: Elaboración propia.

La mayor carga es el del aire acondicionado de 24000 BTU, el cual es utilizado en los meses de la estación de verano con mayor frecuencia, uno ubicado en el área administrativa y el otro en la sala de reuniones.

En la tabla 8, se muestran en resumen la potencia instalada en la planta, así como el porcentaje de carga eléctrica que representa cada área de la empresa.

Tabla 10. Potencia instalada en planta de elaboración de queso.

Item	Descripción	Potencia Total (kW)	% Carga
1	Iluminación de la Planta.	2.3	2.36
2	Motores Eléctricos en área de Elaboración de Queso	57.5	58.94
3	Motores Eléctricos en área de Conservación de Queso	31	31.78
4	Equipos de Oficina	6.76	6.93
Total Potencia Instalada (kW)		97.56	100

Fuente: Elaboración propia.

En las áreas de elaboración y conservación de queso, es en donde se tiene la mayor potencia instalada, siendo $58.94\% + 31.78\% = 90.71\%$ del total, por lo cual, son las áreas en donde se realiza la auditoría energética.

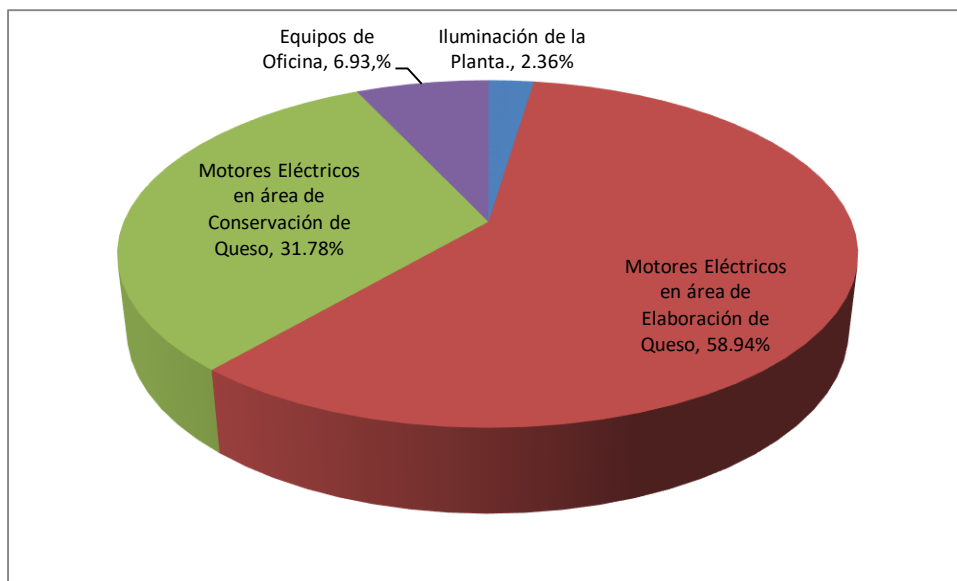


Figura 30. % de la potencia instalada en la planta de elaboración de queso.

Mediciones Realizadas.

Se realizaron las mediciones de las variables de funcionamiento de los motores, utilizando un voltímetro, una pinza amperimétrica, un cosfímetro; haciendo funcionar el mecanismo a su máxima carga, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 11. Motores eléctricos y sus cargas de consumo.

Motor Eléctrico	Valores Nominales				Valores Medidos		
	Potencia de Placa(KW)	Tensión (Voltios)	Factor de potencia	Intensidad Nominal de Corriente Eléctrica (Amperios)	Tensión Medida	Factor de Potencia	Intensidad de corriente medida a plena carga (Amperios)
Compresor de Aire	3.40	380	0.85	6.08	378	0.79	5.05
Caldera Pirotubular	4.50	380	0.85	8.05	373	0.81	6.34
Bomba de Agua	2.00	220	0.85	10.69	218	0.79	8.49
Paletizadora	5.60	380	0.80	10.65	375	0.75	8.65
Centrífuga	3.60	380	0.80	6.85	376	0.76	5.89
Bomba de Leche	3.80	380	0.85	6.80	372	0.81	6.12
Intercambiador de calor 1	6.50	380	0.80	12.36	373	0.77	9.78
Mezclador	3.50	380	0.80	6.66	376	0.75	5.46
Intercambiador de calor 2	6.50	380	0.80	12.36	380	0.75	10.12
Cuba de Cuajado	4.50	380	0.80	8.56	380	0.75	7.34
Agitador	3.50	380	0.85	6.26	375	0.81	5.45
Pre Prensa	1.80	220	0.80	10.22	217	0.76	9.12
Prensa	5.20	380	0.80	9.89	376	0.75	8.12
Llenadora de Moldes	1.80	220	0.80	10.22	215	0.76	8.30
Cepilladora	0.80	220	0.80	4.54	215	0.76	3.98
Cortadora	0.50	220	0.80	2.84	215	0.76	2.67
Compresor sistema 8 Ton Refrigeración	18.00	380	0.85	32.21	374	0.81	28.50
Ventilador Centrífugo 1	2.50	380	0.85	4.47	374	0.79	3.56
Ventilador Centrífugo 2	2.50	380	0.85	4.47	374	0.79	3.48
Torre de enfriamiento	8.00	380	0.80	15.21	374	0.74	13.40

Total: 88.5 KW

Fuente: elaboración propia.

Para analizar las cargas de acuerdo a la cantidad de corriente eléctrica nominal que absorben, 8 cargas tienen un consumo mayor de 10 amperios cada una, con una potencia total de 50.2 Kw, 8 cargas tienen un consumo entre 5 y 10 amperios cada una, con una potencia total de 32 kW, y 4 cargas que tienen un consumo menor a 5 amperios cada una, con una potencia total de 6.3 KW

Tabla 12. Cargas eléctricas.

Cargas Eléctricas	Potencia Instalada (Kw)	% Carga total
Consumo mayor a 10 A	50.2	56.72
Consumo entre 5 y 10 A	32	36.16
Consumo menor a 5 A	6.3	7.12
Total (Kw)	88.5	100.00

Fuente: elaboración propia.

Se hace el análisis para determinar la diferencia entre los valores nominales y reales de corriente a plena carga, en la figura 13 se muestra dicha comparación de las cargas que consumen más de 10 amperios, en la figura 14 la de consumo medio (entre 5 y 10 amperios), y en la figura 15 la de menor consumo (menos de 5 amperios).

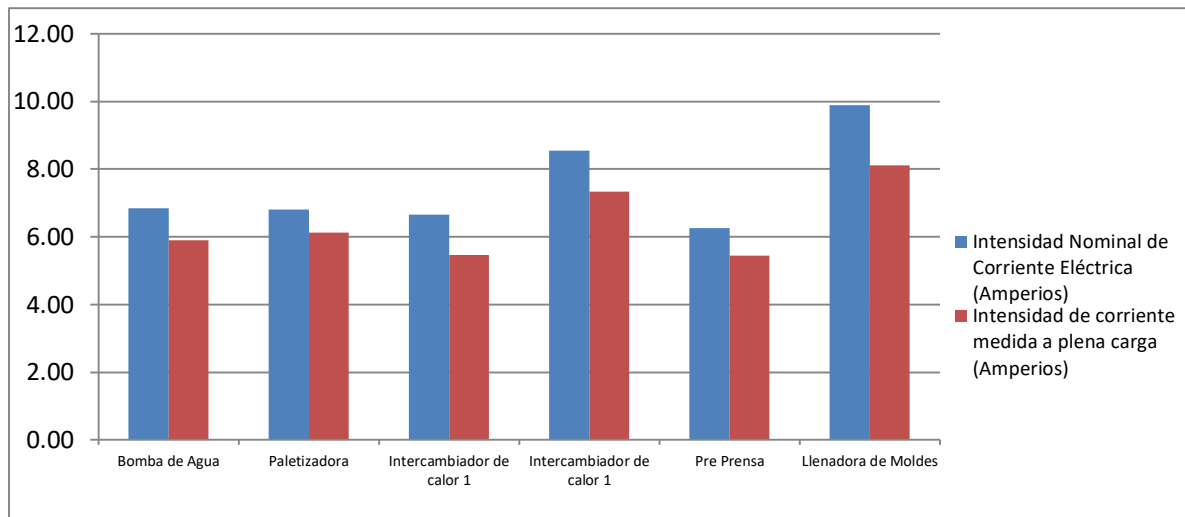


Figura 31. Comparación de la corriente nominal y medida en las cargas de mayor consumo.

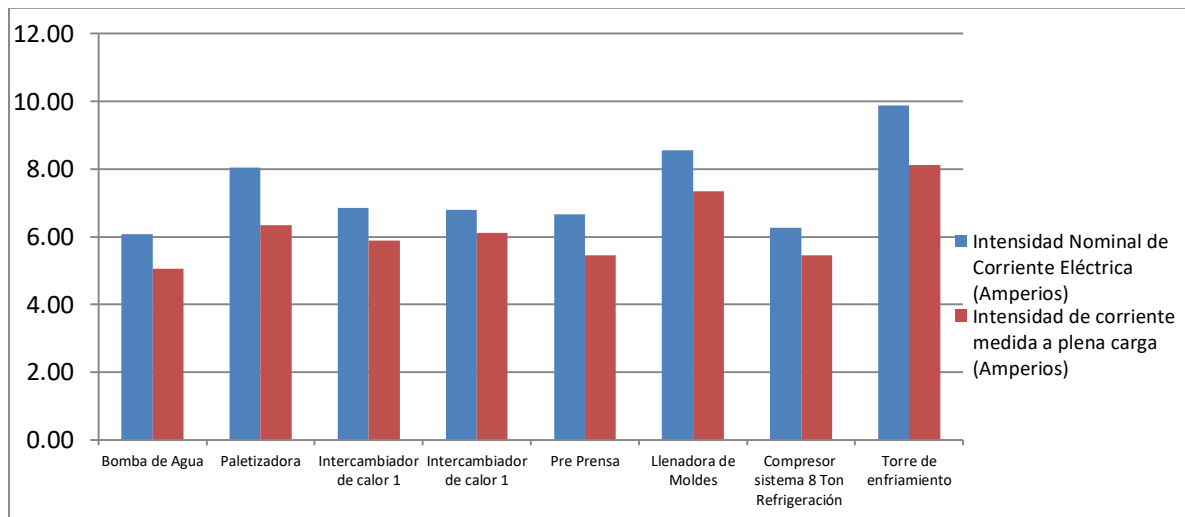


Figura 32. Comparación de la corriente nominal y medida en las cargas de consumo medio.

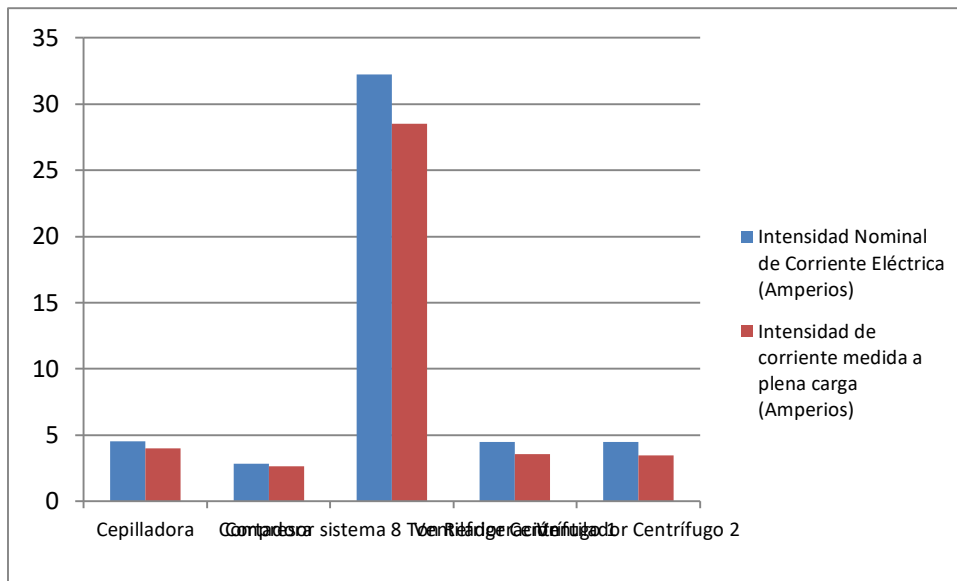


Figura 33. Comparación de la corriente nominal en las cargas de menor consumo.

Se realiza una comparación porcentual entre las mediciones de intensidad de corriente eléctrica, y corriente nominal; y se establece que motores eléctricos están por debajo de un valor aceptable de funcionalidad.

Tabla 13. Relación Intensidad a plena carga medida / Intensidad Nominal en %.

Motor Eléctrico	Valores Nominales	Valores Medidos	Relación Intensidad a plena carga medida / Intensidad nominal (%)
	Intensidad Nominal de Corriente Eléctrica (Amperios)	Intensidad máxima de corriente medida a plena carga (Amperios)	
Compresor de Aire	6.08	5.05	83.1
Caldera Pirotubular	8.05	6.34	78.8
Bomba de Agua	10.69	8.49	79.4
Paletizadora	10.65	8.65	81.2
Centrífuga	6.85	5.89	86.0
Bomba de Leche	6.8	6.12	90.0
Intercambiador de calor 1	12.36	9.78	79.1
Mezclador	6.66	5.46	82.0
Intercambiador de calor 2	12.36	10.12	81.9
Cuba de Cuajado	8.56	7.34	85.7
Agitador	6.26	5.45	87.1
Pre Prensa	10.22	9.12	89.2
Prensa	9.89	8.12	82.1
Llenadora de Moldes	10.22	8.3	81.2
Cepilladora	4.54	3.98	87.7
Cortadora	2.84	2.67	94.0
Compresor sistema 8 Ton Refrigeración	32.21	28.5	88.5
Ventilador Centrífugo 1	4.47	3.56	79.6
Ventilador Centrífugo 2	4.47	3.48	77.9
Torre de enfriamiento	15.21	13.4	88.1

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

De la relación de valores entre la corriente nominal y lo medido a plena carga, es un valor que indica la capacidad que tiene el motor eléctrico de alcanzar valores nominales a plena carga, que es un indicador a analizar dentro de un rango aceptable de funcionalidad.

Tabla 14. % de motores eléctricos en rango de indicador entre corriente medida y corriente nominal.

Valor Porcentual entre Corriente Medida/Corriente Nominal	N° Motores Eléctricos	% de Motores
Entre 90 y 95%	2	10
Entre 85 y 90%	7	35
Entre 80 y 85%	6	30
Entre 75 y 80%	5	25
Número de motores eléctricos	20	100

Fuente: Elaboración propia.

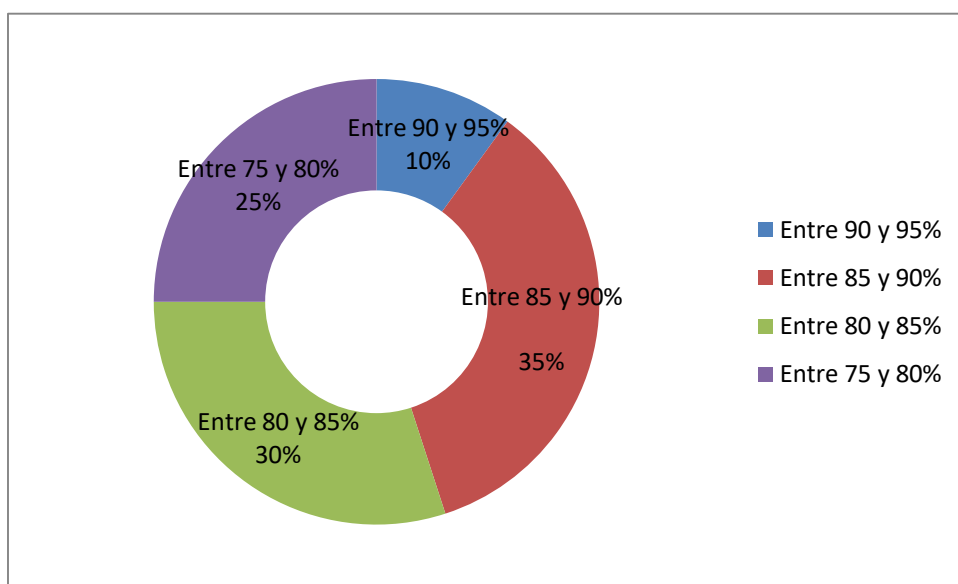


Figura 34. % de motores eléctricos en rango de indicador entre corriente medida y corriente nominal.

Interpretación:

El 25% de los motores eléctricos registran la relación corriente medida/corriente nominal entre 75 y 80%, el 30% registran relación corriente medida/corriente nominal entre 80 y 85%, el 35% de los motores eléctricos tienen la relación corriente medida/corriente nominal entre 85 y 90%, y solo el 10% de los motores eléctricos tienen ésta relación superior al 90%.

3.3 Proponer acciones a implementar en la Planta, a fin de reducir el consumo de energía eléctrica.

Las acciones que se proponen implementar en el sistema eléctrico de la planta de elaboración y conservación de queso están en función al análisis del:

- a) Calibre de los cables eléctricos de los circuitos de alimentación a los motores eléctricos.
- b) Reemplazo de los motores eléctricos que tienen un indicador entre la intensidad de corriente eléctrica medida y la intensidad de corriente nominal, inferior al 80%.
- c) Propuesta de Instalación de banco de capacitores a fin de disminuir el pago por energía reactiva.
- d) Capacitación para operarios de la Planta.

3.3.1 Dimensionamiento de los conductores de los circuitos de alimentación a los motores eléctricos.

El dimensionamiento de los conductores eléctricos se realiza bajo dos criterios.

- a) Por caída de tensión.
- b) Por capacidad de Corriente eléctrica.

- a) Por caída de tensión.

La expresión que determina la caída de tensión en los conductores eléctricos se expresa:

$$\Delta U = \frac{1000 * c * \rho * P * L}{S * U}$$

Dónde:

S: Sección del conductor en mm².

c: Valor de 2 para monofásico y 1 para trifásico.

ρ : Resistividad del conductor a la temperatura de servicio. (0.01786 Ohmios-mm²/m), a temperatura ambiente de 23°C.

P: Potencia activa (Kilowatt).

L: Longitud en Metros.

ΔU : Caída de tensión máxima admisible en voltios en la línea.

U : Tensión Nominal, en voltios.

En la tabla 16, se muestran los valores de las caídas de tensión en los conductores eléctricos en cada uno de los motores eléctricos, los cuales se ha determinado con la expresión de la caída de tensión, teniendo en cuenta la longitud del circuito, la tensión de alimentación, la resistividad del conductor, el calibre del conductor y la potencia activa del motor eléctrico.

Tabla 15. Cálculo de caída de tensión en conductores eléctricos.

Motor Eléctrico	P: Potencia de Placa(KW)	U: Tensión (Voltios)	Longitud (m)	p: Resistividad (Ohmios. mm ² /m)	S: Area sección conductor (mm ²)	Caída de tensión: $(1000 \cdot c \cdot \rho \cdot P \cdot L) / (S \cdot U)$ (Voltios)
Compresor de Aire	3.4	380	28	0.01786	2.08	2.15
Caldera Pirotubular	4.5	380	45	0.01786	3.31	2.88
Bomba de Agua	2	220	24	0.01786	3.31	2.35
Paletizadora	5.6	380	24	0.01786	5.26	1.20
Centrífuga	3.6	380	26	0.01786	2.08	2.12
Bomba de Leche	3.8	380	15	0.01786	5.26	0.51
Intercambiador de calor 1	6.5	380	22	0.01786	3.31	2.03
Mezclador	3.5	380	27	0.01786	3.31	1.34
Intercambiador de calor 2	6.5	380	27	0.01786	3.31	2.49
Cuba de Cuajado	4.5	380	32	0.01786	5.26	1.29
Agitador	3.5	380	21	0.01786	3.31	1.04
Pre Prensa	1.8	220	37	0.01786	5.26	2.06
Prensa	5.2	380	12	0.01786	3.31	0.89
Llenadora de Moldes	1.8	220	12	0.01786	2.08	1.69
Cepilladora	0.8	220	12	0.01786	2.08	0.75
Cortadora	0.5	220	45	0.01786	3.31	1.10
Compresor sistema 8 Ton Refrigeración	18	380	27	0.01786	10.55	2.17
Ventilador Centrífugo 1	2.5	380	27	0.01786	3.31	0.96
Ventilador Centrífugo 2	2.5	380	15	0.01786	3.31	0.53
Torre de enfriamiento	8	380	28	0.01786	5.26	2.00

Fuente: Mediciones realizadas.

La longitud del conductor se midió desde la ubicación del motor del mecanismo hasta la ubicación del tablero de distribución eléctrica, existiendo tubería empotrada de PVC SAP 1". De la tabla 16, se puede apreciar que 9 motores eléctricos poseen conductores en el cual la caída de tensión supera los 2.00 voltios. La potencia activa de éstos 9 motores eléctricos es de 54.4 Kw de los 88.5 Kw del total de la planta; por lo tanto, la propuesta de acción es de modificar el conductor por una sección mayor, verificando la capacidad de corriente del conductor.

De la tabla 16, del cálculo de caída de tensión, se aprecia que 09 motores eléctricos tienen conductores eléctricos que ocasionan una caída de tensión superior a 2 voltios, y son los que se muestran en la tabla 16:

Tabla 16. Conductor eléctrico con caída de tensión superior al 2%.

Motor Eléctrico de	Caída de tensión (Voltios)
Caldera Piro-tubular	2.88
Intercambiador de calor 2	2.49
Bomba de Agua	2.35
Compresor sistema 8 Ton Refrigeración	2.17
Compresor de Aire	2.15
Centrífuga	2.12
Pre Prensa	2.06
Intercambiador de calor 1	2.03
Torre de enfriamiento	2.00

Fuente: Autoría Propia.

De la tabla 17, se puede apreciar que los conductores con caídas de tensión mayor a 2 voltios, se deben básicamente a que poseen un calibre pequeño, pero además porque los motores eléctricos están ubicados en un lugar distante desde el tablero de distribución; se plantea la modificación del conductor eléctrico, por uno de mayor calibre, y en la tabla 18, se tiene el cálculo con la propuesta de modificación:

Cálculo de la Pérdida de Potencia Activa en los conductores.

En el conductor eléctrico se disipa energía en forma de calor, debido al efecto Joule, el cual se determina en función a:

- a) Resistividad del conductor.
- b) Longitud del conductor.
- c) Sección del conductor.
- d) Intensidad de Corriente eléctrica en el conductor.

Por lo tanto, para la determinación de la cantidad de energía activa, que se pierde en el conductor, se determina a partir de los flujos de potencia de cada tramo del circuito, y está en función al diagrama unifilar.

$$P_c = \frac{\Delta V^2}{\rho * L/S}$$

P_c : Pérdida potencia activa. (Watt)

ΔV : Caída de tensión, Voltios

L : longitud del conductor.

S : Sección del conductor, mm².

ρ : Resistividad eléctrica.

Reemplazando valores, se tiene el cálculo de la pérdida de potencia activa:

Tabla 17. Potencia que se pierde.

Motor Eléctrico de	P: Potencia de Placa(KW)	U: Tensión (Voltios)	Longitud (m)	p: Resistividad (Ohmios. mm ² /m)	S: Area sección conductor (mm ²)	Caída de tensión: (1000*c*p*L)/(S*U) (Voltios)	Pérdida de Potencia Activa (Watt)
Caldera Piro tubular	4.5	380	45	0.01786	3.31	2.88	34.16
Intercambiador de calor 2	6.5	380	27	0.01786	3.31	2.49	42.56
Bomba de Agua	2	220	24	0.01786	3.31	2.35	42.65
Compresor sistema 8 Ton Refrigeración	18	380	27	0.01786	10.55	2.17	103.02
Compresor de Aire	3.4	380	28	0.01786	2.08	2.15	19.23
Centrífuga	3.6	380	26	0.01786	2.08	2.12	20.13
Pre Prensa	1.8	220	37	0.01786	5.26	2.06	33.78
Intercambiador de calor 1	6.5	380	22	0.01786	3.31	2.03	34.71
Torre de enfriamiento	8	380	28	0.01786	5.26	2	42.07
Suma							372.31

Fuente: Elaboración propia.

Es decir que en los conductores eléctricos se tiene una pérdida de potencia activa total de 372.31 Watt, que en término de energía representa $372.31 \times 24 = 8.93$ KW-h al día, y en un mes a 268.03 KW-h.

Así mismo se realiza el análisis con las modificaciones de los conductores a un valor mayor de sección.

Tabla 18. Caída de tensión con propuesta de modificación de conductor eléctrico.

Motor Eléctrico de	P: Potencia de Placa(KW)	S: Area sección conductor (mm2)	Sm: Area sección conductor modificada (mm2)	Caída de tensión: ($1000 \cdot c \cdot \rho \cdot P \cdot L$) / ($S_m \cdot U$) (Voltios)
Caldera Pírotubular	4.5	3.31	5.26	1.81
Intercambiador de calor 2	6.5	3.31	5.26	1.57
Bomba de Agua	2	3.31	5.26	1.48
Compresor sistema 8 Ton Refrigeración	18	10.55	13.3	1.72
Compresor de Aire	3.4	2.08	3.31	1.35
Centrífuga	3.6	2.08	3.31	1.33
Pre Prensa	1.8	5.26	8.37	1.29
Intercambiador de calor 1	6.5	3.31	5.26	1.28
Torre de enfriamiento	8	5.26	8.37	1.26

Fuente: Autoría Propia.

De la tabla 18, se tiene las caídas de tensión incrementando el calibre de los conductores eléctricos, con lo cual se garantiza que la caída de tensión será menor a 2 voltios.

Cálculo de Conductor por Capacidad de Corriente

En la tabla 19, se muestra la intensidad de corriente admisible para conductores de cobre.

Tabla 19. Capacidad de corriente.

AISLADOS TEMPERATURA DE SERVICIO: 60° 75° 90°C								
SECCION	SECCION	GRUPO A TEMPERATURA DE SERVICIO			GRUPO B TEMPERATURA DE SERVICIO			DESNUDO
Nominal (mm)²	AWG	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
0,32	22	3	3					
0,51	20	5	5					
0,82	18	7,5	7,5					
1,31	16	10	10					
2,08	14	15	15	25	20	20	30	
3,31	12	20	20	30	25	25	40	
5,26	10	30	30	40	40	40	55	
8,36	8	40	45	50	55	65	70	90
13,30	6	55	65	70	80	95	100	130
21,15	4	70	85	90	105	125	135	150

Fuente: Catalogo indicó.

Capacidad de corriente en conductores de cobre por sección del conductor.

De la tabla 15 se obtiene la cantidad de amperios que puede transportar el conductor eléctrico, si se compara con los valores de la tabla 13, para los cambios de conductor realizado en el criterio de la caída de tensión, tienen valores superiores a la corriente nominal del motor eléctrico del mecanismo a accionar.

Capacitación para operarios de la Planta.

Se plantea un plan de capacitación para operarios de la planta, la cual consiste en la adquisición de:

- Conocimientos y habilidades en cuanto a mediciones eléctricas.
- Conocimiento y habilidades para cambio de componentes eléctricos.
- Conocimiento y habilidades para ajuste de componentes mecánicos para evitar vibraciones.

La capacitación será en cursos prácticos de 20 horas de duración, los cuales serán desarrollados por Instituciones Técnicas, 2 veces al año.

3.3.2 Reemplazo de los motores eléctricos que tienen un indicador entre la intensidad de corriente eléctrica medida y la intensidad de corriente nominal, inferior al 80%.

El valor de éste indicador relaciona la (I) de corriente eléctrica a toda carga del motor con la corriente nominal del motor descrita en placa, y por lo tanto describe la funcionalidad del motor eléctrico, relacionando las pérdidas que tiene el motor tanto en las pérdidas de calor en el cobre de los bobinados del motor, en los contactos.

En la tabla 20, se muestran los motores eléctricos que presentan el indicador corriente medida / corriente nominal inferior al 80%, los cuales fueron determinados en la tabla 9 del ítem 3.2.2.

Tabla 20. Motores eléctricos a reemplazar.

Motor Eléctrico	Potencia (KW)	Valores Nominales	Valores Medidos	Relación Intensidad a plena carga medida / Intensidad nominal (%)
		Intensidad Nominal de Corriente Eléctrica (Amperios)	Intensidad máxima de corriente medida a plena carga (Amperios)	
Caldera Pirotubular	4.5	8.05	6.34	78.8
Bomba de Agua	2	10.69	8.49	79.4
Intercambiador de calor 1	6.5	12.36	9.78	79.1
Ventilador Centrífugo 1	2.5	4.47	3.56	79.6
Ventilador Centrífugo 2	2.5	4.47	3.48	77.9
Total	18			

Fuente: Autoría Propia.

En la tabla 20, se muestra que 5 motores eléctricos que en su totalidad tienen una potencia de 18 KW, se puede apreciar que el motor eléctrico que acciona al intercambiador de calor 1, tiene una potencia de 6.5 KW, que representa el motor eléctrico a cambiar de mayor potencia, los demás 5 motores han sido rebobinados en reiteradas ocasiones, por lo que la reparación no se aplica a éstos motores, siendo la alternativa el cambio. Los cambios se realizarán con motores eléctricos de valores de eficiencia del 90%.

En la tabla 21, se determina el valor del incremento de la eficiencia en cada motor, al reemplazar motores eléctricos con eficiencias de 90%; éste incremento de la eficiencia es proporcional al bajo consumo de energía eléctrica en cada motor.

Tabla 21. Incrementa de eficiencia.

Motor Eléctrico de	Potencia (KW)	Relación Intensidad a plena carga medida / Intensidad nominal (%)	Eficiencia de nuevo motor eléctrico (%)	Incremento de eficiencia %
Caldera Pirotubular	4.5	78.8	90	11.2
Bomba de Agua	2	79.4	90	10.6
Intercambiador de calor 1	6.5	79.1	90	10.9
Ventilador Centrífugo 1	2.5	79.6	90	10.4
Ventilador Centrífugo 2	2.5	77.9	90	12.1
Total	18			

Fuente: Autoría Propia.

De la tabla 21, se puede determinar que el promedio de incremento de eficiencia de los motores eléctricos es del 10%, lo que significa que en esa misma proporción disminuye el consumo de energía; es decir la potencia total de éstos motores eléctricos de 18 KW, en un mes de funcionamiento, tienen un consumo de energía de $18 \times 24 \times 30 = 12960$ KW-H, y el 10% de éste valor es de 1296 KW-H al mes, que es el ahorro energético al reemplazar los motores eléctricos de mayor eficiencia.

3.3.3 Propuesta de Instalación de banco de condensadores a fin de disminuir el pago por energía reactiva.

La propuesta de instalación de un banco de capacitores tiene como objeto la disminución de la energía reactiva, hasta un valor en el cual no se facture en el recibo de energía eléctrica. Esta facturación, ocurre cuando el valor de la energía reactiva no supera al 30% de la energía activa total en la planta de elaboración de queso.

Para determinar la capacidad del banco de condensadores en Faradios, se realiza mediante la expresión:

$$C = \frac{Q}{V^2 * 2 * \pi * f}$$

Dónde:

V: Tensión de alimentación, en voltios. (V)

f: Frecuencia de la red, en Hertz. (Hz).

C: Capacidad del banco de condensadores en Faradios (F)

Q: Potencia reactiva en Volt Ampere Reactivo (Var)

La potencia reactiva del condensador para el caso de nuestro proyecto es el valor de la disminución de la potencia reactiva al incrementar el factor de potencia de un valor existente hasta un valor de 0.9, manteniendo constante el valor de la potencia activa, se modifica el valor de la potencia reactiva, hasta un valor en donde el factor de potencia sea igual a 0.9; en la tabla 18 se muestra los valores de la capacitancia de cada carga eléctrica.

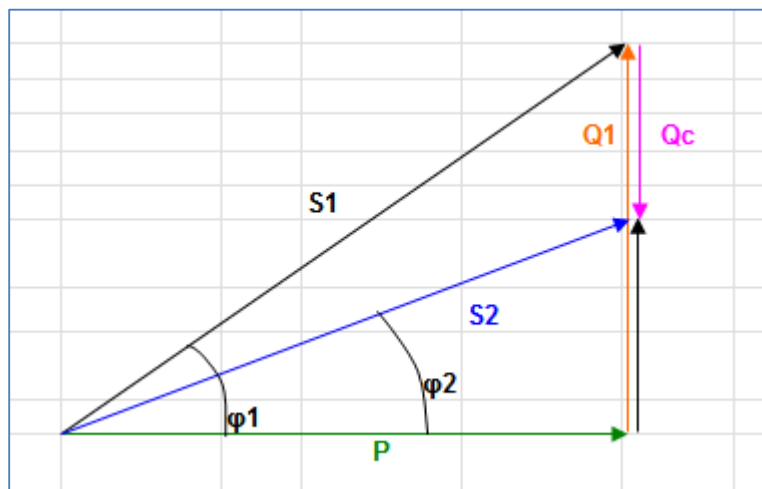


Figura 35. Valor de la potencia reactiva.

Potencia Reactiva Inicial Q1

$$Q1 = P \cdot \text{Sen} (\text{Arc coseno} (\varphi1))$$

El valor de la Potencia reactiva compensativa Qc, se determina:

$$Qc = P \cdot \text{Sen} (\text{Arc coseno} (\varphi1)) - P * \text{sen}(\text{Arc coseno}(\varphi2))$$

Dónde:

Q1: Potencia Reactiva inicial (KVAr)

P: Potencia activa (KW)

$\varphi1$: Ángulo de fase entre la tensión y corriente eléctrica existente.

$\varphi2$: Ángulo de fase entre la tensión y corriente eléctrica a alcanzar. fdp: 0.95

Reemplazando valores a cada uno de los motores eléctricos, se determina la potencia reactiva compensativa Qc, que requiere cada motor eléctrico de la planta de elaboración de queso, como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Determinación del valor de la potencia reactiva compensadora por cada carga eléctrica.

Item	Compresor de Aire	Caldera Pirotubular	Bomba de Agua	Paletizadora	Centrífuga	Bomba de Leche	Intercambiador de calor 1	Mezclador	Intercambiador de calor 1	Cuba de Cuajado	Agitador	Pre Prensa	Prensa	Llenadora de Moldes	Cepilladora	Cortadora	Compresor sistema 8 Ton Refrigeración	Ventilador Centrífugo 1	Ventilador Centrífugo 2	Torre de enfriamiento	Total
Pot Activa KW	3.4	4.5	2	5.6	3.6	3.8	6.5	3.5	6.5	4.5	3.5	1.8	5.2	1.8	0.8	0.5	18	2.5	2.5	8	88.5
Cos ϕ inicial ϕ_1	0.85	0.85	0.85	0.8	0.8	0.85	0.8	0.8	0.8	0.8	0.85	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.85	0.85	0.85	0.8	
Tensión Nominal	380	380	220	380	380	380	380	380	380	380	380	220	380	220	220	220	380	380	380	380	
Cos ϕ buscado ϕ_2	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Pot Reactiva Inicial Q1(KVAr)	1.8	2.4	1.1	3.4	2.2	2.0	3.9	2.1	3.9	2.7	1.8	1.1	3.1	1.1	0.5	0.3	9.5	1.3	1.3	4.8	50.16
Potencia Reactiva Compensadora, Qc (KVAr)	0.7	1.0	0.4	1.6	1.0	0.8	1.9	1.0	1.9	1.3	0.8	0.5	1.5	0.5	0.2	0.1	3.9	0.5	0.5	2.3	22.52

Fuente: Autoría Propia.

La determinación de la capacitancia por la potencia reactiva compensadora en cada motor eléctrico, se determina:

$$C = \frac{Q}{V^2 * 2 * \pi * f}$$

Tabla 23. Cálculo de la capacitancia.

Motor Eléctrico	Tensión (V)	Potencia Reactiva compensadora Qc	Capacitancia (Microfaradios)
Compresor de Aire	380	0.729	26.81
Caldera Pirobubular	380	0.965	35.49
Bomba de Agua	220	0.429	47.05
Paletizadora	380	1.611	59.23
Centrífuga	380	1.036	38.08
Bomba de Leche	380	0.815	29.97
Intercambiador de calor 1	380	1.870	68.75
Mezclador	380	1.007	37.02
Intercambiador de calor 1	380	1.870	68.75
Cuba de Cuajado	380	1.295	47.60
Agitador	380	0.751	27.60
Pre Prensa	220	0.518	56.80
Prensa	380	1.496	55.00
Llenadora de Moldes	220	0.518	56.80
Cepilladora	220	0.230	25.25
Cortadora	220	0.144	15.78
Compresor sistema 8 Ton Refrigeración	380	3.862	141.94
Ventilador Centrífugo 1	380	0.536	19.71
Ventilador Centrífugo 2	380	0.536	19.71
Torre de enfriamiento	380	2.302	84.62
Total		22.523	961.97

Fuente: Autoría Propia.

La suma de la capacitancia de toda la instalación para mantener el factor de potencia a un valor de 0.95 es 961,97 microfaradios.

El banco de condensadores a instalar en la instalación será de 22.53 KVAR, 380 Voltios, 60 Hertz, y de 961,97 Microfaradios.

3.4. Realizar un análisis económico del proyecto, utilizando indicadores tales como VAN, relación Beneficio Costo, y Tasa Interna de Retorno.

3.4.1. Inversión Inicial de la Propuesta.

Tabla 24. Inversión inicial.

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/	Precio Total S/.
1	Conductor Eléctrico THW 5.26mm ²	m	60	1.9	114
2	Conductor Eléctrico THW 13.3 mm ²	m	40	2.4	96
3	Conductor Eléctrico THW 8.37 mm ²	m	60	2.2	132
4	Conductor Eléctrico THW 3.31 mm ²	m	80	1.8	144
5	Conductor Eléctrico THW 13.3 mm ²	m	80	2.5	200
6	Motor Eléctrico 4.5 KW	Unidad	2	660	1320
7	Motor Eléctrico 2 KW	Unidad	1	550	550
8	Motor Eléctrico 6.5 KW	Unidad	1	630	630
9	Motor Eléctrico 2.5 KW	Unidad	2	420	840
10	Banco de Condensadores 22.53 KVAR, 380 Voltios, 60 Hertz, y de 961,97 Microfaradios.	Unidad	1	1230	1230
11	Mano de Obra	Unidad	1	850	850
	Capacitación Técnica 20 Horas	Unidad	2	480	960
	Total				7066

Fuente: Autoría Propia.

El monto de la inversión inicial de la propuesta asciende a 7066 Soles, los cuales serán subvencionados con el ahorro de la energía eléctrica.

3.4.2. Ingresos estimados del Proyecto.

- a) Incremento de eficiencia de motores eléctricos.

Se determinó un ahorro de 1296 KW-H de energía al mes

- b) Por cambio de Conductor.

Se determinó un ahorro de 268.03 KW-h.

Lo que representa un ahorro de energía mensual de 1564.03 KW-H, al precio de S/. 0.45, totaliza $1564.03 * 0.45 = 703.81$ Soles al mes.

- c) Por pago de energía reactiva.

Según la facturación se tiene en promedio al mes por facturación de energía reactiva un valor de 128.00 Soles al mes.

Es decir, con las propuestas a implementar se tendrá un ahorro económico de $793.81 + 128 = 831.81$ Soles. Importe que representa los ingresos mensuales del proyecto.

3.4.3. Flujo de Caja del Proyecto.

Tabla 25. flujo economico.

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Inversión Inicial S/.	7066																		
Ingresos Mensual S/.		831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8

Fuente: Elaboración propia.

3.4.4. Cálculo de las variables económicas.

Valor Actual Neto

En los valores que ingresaran mensualmente calculándolos al año 0, aplicando en inicio del proyecto con una tasa de interés 3,5% mensual.

Ingresos actualizados al tiempo 0:

$$Ia = \frac{Ra * [(1+i)^n - 1]}{[i * (1+i)^n]}$$

Reemplazando se tiene:

Mes	0	1	2	3	4	15	16	17	18	VNA (0.035, F5:W5) S/. 10,971.31
Inversión Inicial S/.	7066									
Ingresos Mensual S/.		831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	

Actualizando su valor neto del proyecto nos damos con la sorpresa que su valor diferencial entre el ingreso actual neto viendo siendo de 10971,31 -7066 =, igual a 3905.31 Soles.

Tasa Interna de Retorno

Cuando se calcula la tasa de interés de retorno lo determinamos haciendo que los ingresos que son actualizados se dé la tasa de interés a determinar sean iguales a la inversión inicial del proyecto analizado.

$$Inv = \frac{Ra * \frac{1 - (1 + TIR)^{-n}}{TIR}}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Mes	0	1	2	3	4	15	16	17	18	TIR(E4:W4) 9.46%
Inversión Inicial S/.	7066									
Ingresos Mensual S/.	-7066	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	831.8	

Aplicando el método de reemplazar los valores mediante la metodología de aproximación y utilizando el software Microsoft Excel se va calculando el valor TIR siendo este igual al 9,46% mensual que a su vez representa el valor establecido al interés bancario actual que viene ase entre 3 y 4 % al mes.

Relación Beneficio Costo

La relación beneficio / costo es de 10971,31 / 7066, es de 1.55.

IV. DISCUSIÓN

Cuando hablamos del consumo de energía eléctrica en la instalación, está en función al tiempo de funcionamiento de cada equipo, a la eficiencia del mismo, la potencia que consume de acuerdo al porcentaje de carga en la que opera; sin embargo, existe un factor que incrementa el consumo de energía eléctrica, que es el tiempo de funcionamiento de cada máquina en la cual no realiza ninguna función, debido a que no se tiene el insumo a procesar, debido a que los procesos no son continuos. En las diferentes tesis tenidas como referencia, tienen como común denominador que los procesos no son continuos debido a que no se tiene automatizada los procesos de fabricación de queso.

En el caso del indicador de consumo de energía eléctrica, no presentan valores constantes en el tiempo, existiendo una diferencia considerable entre el mes de menor y mayor consumo de energía eléctrica en la instalación, el cual duplica éste indicador, es decir un consumo específico de 13.91 KW-H por cada kg de queso, hasta un valor de 5.75 KW-H por kg de queso; ésta diferencia sustantiva lo que involucra es el incremento de los costos operativos, manteniendo constantes los ingresos económicos.

La no continuidad de los procesos de los equipos de la planta de elaboración de quesos, se debe a dos factores: paradas intempestivas de los equipos y falta de automatización de los procesos. Las paradas intempestivas se originan por que los operarios tienen que apagar de manera obligatoria los equipos debido a la aglomeración de los insumos, o en algunos casos la falta de éstos; además se ha evidenciado fallas en los motores eléctricos, los cual se han originado por falsos contactos. La falta de automatización aún no se implanta en la instalación, siendo uno de los proyectos que se tiene planificado para los próximos años, y estará en función a la rentabilidad de la empresa.

V. CONCLUSIONES

- Se hizo el diagnóstico del estado actual del consumo de energía en función a la cantidad de queso que se procesa en la empresa, el menor valor de consumo de energía eléctrica por 1 Kg de Queso es de 5.75 KW-H, se dio en el mes de diciembre del 2018, sin embargo, en el mes de Marzo del 2019, el consumo fue de 13.91 KW-H; se observa una diferencia muy notable, por lo cual no sólo es un problema técnico, sino también de optimización de los procesos de elaboración de queso.
- En el análisis comparativo, se determinó que El 25% de los motores eléctricos registran la relación corriente medida/corriente nominal entre 75 y 80%, el 30% registran relación corriente medida/corriente nominal entre 80 y 85%, el 35% de los motores eléctricos tienen la relación corriente medida/corriente nominal entre 85 y 90%, y solo el 10% de los motores eléctricos tienen ésta relación superior al 90%.
- Se propuso acciones las cuales se cuantificó la implicancia en la disminución del consumo de energía, siendo éstas: calibre de los cables eléctricos de los circuitos de alimentación a los motores eléctricos. Reemplazo de los motores eléctricos que tienen un indicador entre la intensidad de corriente eléctrica medida y la intensidad de corriente nominal, inferior al 80%. Propuesta de Instalación de banco de condensadores a fin de disminuir el pago por energía reactiva. Capacitación para operarios de la Planta.
- Se hizo la evaluación económica del proyecto, el cual tiene como resultado un valor actual neto de 3905.31 Soles, una tasa interna de retorno de 9.46% y una relación beneficio costo de 1.55, indicadores que hacen factible la ejecución del proyecto.

VI. RECOMENDACIONES

- Para un funcionamiento adecuado de la planta procesadora, se debe automatizar el mismo, para lo cual se requiere que conozca todas las variables de funcionamiento de los equipos a diferentes porcentajes de plena carga, la duración de éstos, así como también la capacidad de producción, a fin de evitar las paradas de los motores eléctricos.
- Los equipos deben ser certificados por las instituciones pertinentes en cuanto al uso de materiales que no contaminen a los insumos, es decir utilizando acero inoxidable y los motores tengan los mecanismos de protección mecánica y eléctrica.
- Elaborar una matriz de seguridad y de aspectos ambientales, a fin de garantizar la seguridad y la salud de los operarios al momento de realizar las labores.

REFERENCIAS.

- **SALAZAR, P.** CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL EN MÉXICO, MÉXICO, 2016, 56PP
- **RISATTI, D.** PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN URUGUAY. URUGUAY, 2017, 33PP.
- **ARBOLEDA, W.** LA INDUSTRIA DE LOS DERIVADOS DE LA LECHE EN LA COSTA DE COLOMBIA. COLOMBIA, 2017, 43PP
- **SECRETARÍA DE ENERGÍA, MÉXICO.** BOLETÍN INFORMATIVO DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL. MÉXICO, 2017, 42PP.
- **OSINERGMIN,** INFORME DEL SECTOR DE ELECTRICIDAD EN EL PERÚ, 2018, 29PP.
- **PISKULICH, R.** EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA LATEA EN LA SIERRA NORTE DEL PERÚ. 2017, 56PP
- **PRODUCE,** LA ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL SECTOR INDUSTRIAL EN LA COSTA NORTE DEL PERÚ. 2016, 45PP.
- **ROMERO.** AUDITORÍA DE CALIDAD AL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL QUESO PARA DETERMINAR LOS PROCEDIMIENTOS QUE INTERVIENEN EN LA ELABORACIÓN Y PRÁCTICAS DE MANUFACTURA DE ALIMENTOS PROCESADOS EN LA FÁBRICA DE LÁCTEOS AGOSTINO, 2014, 111PP
- **DELGADO, O.** PROPUESTA DE AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, EMPRESA AGRIBRANDS PURINA, PIMENTEL 2016 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, 59PP
- **BERNAL E.** EVALUACIÓN Y MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO EN LA PLANTA DE CUNGAPITE (CAÑAR)” 2017, 89PP
- **LLANCAMÁN MANUEL.** DESARROLLO DE UN MANUAL DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS PARA EMPRESAS Y EDIFICIOS. UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, CHILE, 2007, 122PP.

ANEXOS

GUÍA DE OBSERVACIÓN

REGISTRO DE CONSUMO DE ENERGÍA.

TESIS: “AUDITORÍA DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA PLANTA DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LACTEOS, CHOTALAC SRL - CHICLAYO”

AUTOR: CESAR JULIO SANCHEZ MENDO.

Instrucciones: Complete la información estadística en cuanto a consumos de energía eléctrica.

[illegible]

GUÍA DE OBSERVACIÓN

MEDICIONES ELECTRICAS

TESIS: “AUDITORÍA DEL SISTEMA ELECTRICO PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA PLANTA DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LACTEOS, CHOTALAC SRL - CHICLAYO”

AUTOR: CESAR JULIO SANCHEZ MENDO.

Motor Eléctrico de	Valores Nominales				Valores Medidos		
	Potencia de Placa(KW)	Tensión (Voltios)	Factor de potencia	Intensidad Nominal de Corriente Eléctrica (Amperios)	Tensión Medida	Factor de Potencia	Intensidad de corriente medida a plena carga (Amperios)
Compresor de Aire							
Caldera Pirotubular							
Bomba de Agua							
Paletizadora							
Centrífuga							
Bomba de Leche							
Intercambiador de calor 1							
Mezclador							
Intercambiador de calor 2							
Cuba de Cuajado							
Agitador							
Pre Prensa							
Prensa							
Llenadora de Moldes							
Cepilladora							
Cortadora							
Compresor sistema 8 Ton Refrigeración							
Ventilador Centrífugo 1							
Ventilador Centrífugo 2							
Torre de enfriamiento							